LA PREVENZIONE DELLE ESPLOSIONI DA POLVERE

CASO STUDIO: LE ATTIVITÀ MOLITORIE

INDICE

AUTORI

B. BASSO, F. BELLAMINO, C. CARPEGNA – Arpa Piemonte, "Rischio industriale e igiene industriale"

M. ALVIANO, S. IANNELLO, G.M. SAI – Arpa Piemonte, "Verifiche impiantistiche"

ARPA PIEMONTE
Via Pio VII, 9
10135 TORINO
www.arpa.piemonte.it

PREFAZIONE

La salute e la sicurezza nei luoghi di lavoro, così come la tutela ambientale e del territorio, è stata oggetto, negli ultimi anni, di una crescente attenzione, che si è concretizzata nello sviluppo e nel continuo aggiornamento di strumenti normativi e di indagine tecnica, volti sempre più alla prevenzione del verificarsi di situazioni incidentali.

In questo ambito si colloca lo studio qui proposto, che riguarda la prevenzione delle atmosfere esplosive per la presenza di polveri e delle possibili sorgenti di innesco, in particolare nelle attività molitorie; lo studio è nato dalla richiesta di supporto dello S.Pre.S.A.L. CN2, nel cui ambito territoriale tale problematica è molto sentita anche in relazione al gravissimo evento incidentale occorso nel 2007 al Molino Cordero di Fossano. Il lavoro finora svolto è il risultato della sinergia tra le diverse professionalità dell’Agenzia Regionale di Protezione Ambientale (Arpa), nello specifico le strutture “Rischio industriale ed igiene industriale” e “Verifiche impiantistiche”, le cui rispettive attività consistono, tra l’altro, nella prevenzione dei rischi di incidente rilevante e nelle verifiche degli impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione.

Il documento è strutturato in due parti: la prima, a carattere generale, fornisce la metodologia da seguire per effettuare la valutazione del rischio, illustrando le sorgenti di emissione, la classificazione delle aree con pericolo di esplosione, le principali sorgenti di innesco e le misure tecniche e gestionali per la prevenzione e la protezione contro le esplosioni.

La seconda parte della pubblicazione affronta il caso studio delle attività molitorie, anche attraverso gli approfondimenti di alcune parti di impianto-tipo, e fornisce alcune liste di controllo sugli aspetti documentali, procedurali e tecnici da adottare per prevenire, in tale contesto, le atmosfere esplosive e le sorgenti di innesco. Tale strumento può essere utilizzato sia da parte dei datori di lavoro per verificare la completezza della valutazione del rischio di esplosione e l’adeguatezza dei propri impianti, sia da parte del personale degli enti di controllo in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro.

Pur non nutrendo l’ambizione di fornire un contributo del tutto esaustivo sul tema piuttosto complesso dell’esplosione da polveri, il presente lavoro può offrire utili spunti affinchè tale problematica sia affrontata anche in altri comparti produttivi (ad esempio altre industrie alimentari, farmaceutiche, di lavorazione del legno e dei metalli, industrie tessili, ecc.), alcuni dei quali sono stati interessati, in passato, da eventi incidentali anche mortali.

Angelo Robotto

Direttore Generale di Arpa Piemonte

- Luglio 2015 -

1 INTRODUZIONE

1.1 Pericolosità delle polveri

Qualsiasi materiale solido combustibile, finemente suddiviso e disperso in aria sotto forma di polvere, può provocare, se innescato, un'esplosione; questa caratteristica di potenziale esplodibilità è riscontrabile sia in sostanze classificate pericolose dalla normativa (polvere di alluminio e altri metalli, preparati farmaceutici, ecc.) sia in altre non pericolose (farina, granaglie, latte in polvere, zucchero, polvere di legno, ecc.).

A differenza dei gas e dei vapori, tale proprietà delle polveri non dipende solo dalle caratteristiche chimico-fisiche, ma anche da altre condizioni al contorno, ad esempio granulometria, umidità e grado della dispersione in aria.

Fig. 1 – Il pentagono delle esplosioni da polveri

In analogia al triangolo del fuoco, che rappresenta le condizioni di infiammabilità (e conseguentemente di esplosività) per i combustibili liquidi e gassosi, nel caso delle polveri ci si riferisce al cosiddetto "pentagono dell'esplosione" (figura 1), che rappresenta le cinque condizioni necessarie per creare le condizioni di esplosività alle polveri.

I principali parametri che caratterizzano le esplosioni da polveri sono:

- la minima energia di ignizione (MIE),
- la minima temperatura di accensione della nube (MIT) e dello strato (LIT),
- il limite inferiore di infiammabilità (LEL): la concentrazione del materiale combustibile, al di sopra della quale la miscela con l'aria può innescarsi,
- la massima pressione di esplosione (P_{max}),
- l'incremento massimo e medio di pressione $(dP/dT)_{max}$ e $(dP/dT)_{medio.}$

Tali proprietà non sono costanti per una determinata polvere, ma variano, ad esempio, in funzione della granulometria, che influenza la superficie di contatto complessivamente disponibile per l'ossidazione e il trasferimento di calore. In particolare, al diminuire della granulometria media di una polvere aumenta il pericolo di esplosione, in quanto aumenta la sua disperdibilità in aria, diminuisce l'energia minima di innesco e si abbassa la concentrazione corrispondente al limite inferiore di esplodibilità. Al decrescere del diametro delle particelle si assiste, inoltre, ad un aumento della pressione massima di esplosione e della velocità di incremento della pressione e degli effetti dannosi conseguenti. Si riportano in tabella 1 le proprietà di alcune polveri organiche e metalliche.

L'effetto esplosivo delle polveri è determinato da un rapido rilascio di calore, accompagnato da un improvviso aumento della pressione conseguente alla repentina espansione dei gas caldi. Il fenomeno è di tipo deflagrante, con velocità del fronte di fiamma dell'ordine dei metri/secondo.

Tabella 1 – Proprietà di alcune polveri

POLVERE	MIE [mJ]	MIT [°C]	LEL [g/l]	P_{max} [bar]	$(dP/dT)_{max}$ [bar/s]	$(dP/dT)_{medio}$ [bar/s]
Alluminio	50	650	0.045	5.8	> 1300	240
Aspirina	16	550	0.015	6	531	-
Carbone	-	660	0.1	6	117	-
Farina di grano	50	380	0.05	7.5	255	-
Linters di cotone	1920	520	0.5	5	27	-
Zucchero	30	370	0.045	7.5	345	110

Gli effetti provocati dall'esplosione di polveri variano principalmente in funzione della granulometria della sostanza coinvolta e della percentuale di ossigeno presente nella miscela, oltre che di altri parametri, come ad esempio le condizioni atmosferiche, la presenza di ostruzioni o confinamenti lungo il percorso di propagazione, la velocità di rilascio, la direzione in cui l'esplosione avviene e il peso specifico rispetto a quello dell'aria. Tali effetti consistono spesso nella distruzione dei condotti di ventilazione e dei locali in cui l'esplosione si verifica.

Un altro fenomeno specifico delle esplosioni di polveri è l'onda barica in propagazione, causata da una piccola esplosione primaria che può mettere in sospensione strati di polvere depositata nelle vicinanze che, dispersa in aria, è innescata dallo stesso fronte di fiamma generando un'esplosione secondaria di violenza anche maggiore.

Al fine di confrontare la violenza esplosiva delle polveri vengono adottati diversi sistemi di classificazione; uno dei più noti fa riferimento al metodo di Bartknecht, che suddivide le polveri combustibili in quattro classi di pericolo (da St0 a St3), come riportato in tabella 2, considerando la violenza dell'esplosione che sono in grado di generare, in funzione di un indice di deflagrazione K_{st} così definito:

$$K_{st} = (dP/dt)_{max} \cdot V^{1/3}$$

dove $(dP/dt)_{max}$ è il massimo incremento di pressione e V è il volume del contenitore.

Tabella 2 – Correlazione tra i valori di K_{st} e la classe di appartenenza

Classe di esplodibilità	**K_{st} [bar·m/s]** con un innesco da **10 kJ**	**K_{st} [bar·m/s]** con un innesco da **10 J**	**Tipo di esplosione**
St0	0	0	Nessuna
St1	0-200	0-100	Debole
St2	200-300	100-200	Forte
St3	300	200	Molto forte

Il valore di K_{st} è normalmente espresso in un intervallo, in quanto la composizione di ogni polvere non è sempre identica e lo spettro di granulometria è relativamente ampio; in tabella 3 si riporta Il valore di K_{st} per alcune polveri comunemente utilizzate.

Tabella 3 – Valori di K_{st} di alcune polveri

Polvere	K_{st} [bar·m/s]
Alluminio	16-750
Amido	150
Aspirina	217
Cellulosa	56-229
Farina	87
polietilene	54-131
PVC	27-98

1.2 Eventi incidentali occorsi per esplosioni di polveri

Una delle prime notizie riportate in letteratura su esplosioni da polveri risale al 1785, quando il Conte Carlo Ludovico Morozzo di Bianzè, un matematico e chimico autorevole, segnalò l'esplosione di una nube di farina nella bottega di un fornaio di Torino: "*Il magazzino, posto al di sopra del retrobottega, […] era diviso in due da un muro. […] Nel muro c'era una porta di comunicazione che consentiva di far cadere i sacchi di farina dalla parte superiore del magazzino in quella inferiore. Al momento dell'incidente il magazzino conteneva circa 300 sacchi di farina. Il garzone stava appunto movimentando la farina dal piano superiore quando si produsse, per la rottura di uno o più sacchi, una densa nube di polvere che si infiammò in contatto con la lampada appesa al muro*".

Il rischio di esplosione di polveri combustibili è presente in tutte le attività industriali in cui esse vengono manipolate (a titolo esemplificativo si ricordano le industrie alimentari, tessili, delle materie plastiche, dei metalli, di lavorazione del legno) e nella tabella 4 sono richiamati alcuni eventi incidentali occorsi nel mondo con conseguenze mortali.

Tabella 4 – Alcuni episodi mortali relativi ad esplosioni da polveri

ANNO	LUOGO	ATTIVITÀ COINVOLTA	CONSEGUENZE
1872	Scozia	mulino	18 morti
1878	Francia	Fabbrica di coloranti	6 morti
1907	USA	Miniera di carbone	1148 morti
1919	USA	Fabbrica di amido	43 morti
1973	Norvegia	Produzione esplosivi	5 morti
1977	USA	Deposito di grano	36 morti
1981	USA	Sili di grano	9 morti
1982	Francia	Silo di malto	12 morti
1985	Argentina	Deposito di grano	22 morti
1989	**Italia (Guardiagrele)**	**Mulino**	**8 morti**
1995	USA	Impianto chimico	5 morti
1997	Francia	Sili di grano	11 morti
1998	USA	Deposito di grano	7 morti
2001	**Italia (Vigliano Biellese)**	**Stabilimento tessile**	**3 morti**
2007	**Italia (Fossano)**	**Mulino**	**5 morti**
2008	USA	Zuccherificio	4 morti

Nel seguito sono illustrati i tre casi mortali occorsi in Italia, integrati con altri eventi di minore entità occorsi in Regione Piemonte.

12 giugno 1989 - Esplosione del Molino Alimonti di Guardiagrele (CH)

Intorno alle ore 16,30 esplose un silo in legno del molino Alimonti in contrada Villa Maiella a Guardiagrele. Avvertita fino a diversi chilometri di distanza, l'esplosione venne seguita da una pioggia di detriti nel raggio di centinaia di metri.

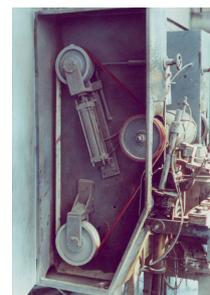
9 gennaio 2001 – Esplosione nella Pettinatura Italiana di Vigliano Biellese (BI)

Intorno alle 17,50 si verificò una deflagrazione di vaste proporzioni al piano terra dello stabilimento tessile che provocò il decesso di tre persone, il ferimento di altre otto, nonché vistosi danni a una parte della struttura. L'evento iniziatore è stato attribuito ad un incendio, dovuto probabilmente ad un surriscaldamento o allo scintillio di un componente o di una giunzione della rete di illuminazione, a cui seguì una deflagrazione, che si propagò per l'apporto di altro combustibile (polverino), portando sia ad un incremento di pressione, con i conseguenti danni alle coperture dei capannoni, sia alla vistosa fiammata, vista anche all'esterno dello stabilimento.

16 luglio 2007 – Esplosione del Molino Cordero di Fossano (CN)

Verso le ore 15, presso il molino era iniziata la fase di scarico della farina da una cisterna, quando ci fu una prima esplosione, a seguito della quale persero la vita cinque dipendenti che erano dentro o nelle immediate vicinanze del fabbricato. Dopo circa un quarto d'ora dalla prima esplosione, ci fu l'esplosione della cisterna, dovuta alla presenza della farina in sospensione, che causò danni fino a centinaia di metri di distanza, ma non provocò ulteriori vittime. La prima esplosione si può attribuire ad una carica elettrostatica accumulata sulla parte di tubazione di scarico in gomma flessibile, a causa del mancato collegamento equipotenziale a terra dell'automezzo.

16 giugno 2000 - Esplosione da polveri metalliche presso la Nicomax di Gravellona Toce (VB)

Durante le operazioni di smerigliatura di manufatti in alluminio si ruppe il nastro continuo abrasivo che, muovendosi in modo disordinato, rimescolò la polvere di alluminio accumulata, consentendone l'innesco per la produzione di scintille dovute allo sfregamento. Si verificò così una prima esplosione, che investì l'operatore sotto forma di vampata, favorendo la produzione di altre scintille e frammenti incandescenti della tela smeriglio, i quali, aspirati dall'impianto di ventilazione, causarono l'accensione della polvere di alluminio presente nel ciclone, dando origine ad un'esplosione secondaria di entità maggiore. Infine il fronte di fiamma, incanalandosi verso il filtro a manica e favorito dall'aspirazione in atto, provocò l'innesco multiplo delle polveri finissime presenti negli interstizi, causando una terza esplosione che distrusse il filtro, proiettandone i frammenti anche a distanza superiore ai 50 m.

19 gennaio 2001 – Esplosione presso lo stabilimento Finelvo di Ochieppo (BI)

L'esplosione avvenne nel capannone in cui veniva effettuata la produzione di un filato in poliammide denominato "filo floccato". A causa di una fermata prolungata della linea di finissaggio, il materiale accumulatosi sulla batteria di scambio si surriscaldò, dando origine ad un fenomeno di combustione a brace che, al momento del riavvio del ventilatore, innescò l'atmosfera aria/fibre, causando un'esplosione primaria nel condotto di ricircolo dell'aria. A tale esplosione ne seguì una seconda, più violenta, che si propagò nei condotti di evacuazione determinando la fuoriuscita di materiale in fiamme nel reparto e danni generalizzati alle apparecchiature coinvolte, nonché danni meccanici alle strutture degli edifici e gravi ustioni ad alcune persone presenti.

2 L'APPROCCIO METODOLOGICO DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER LA PRESENZA DI MISCELE ESPLOSIVE ARIA/POLVERI

2.1 Obblighi del datore di lavoro

Il D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. richiede al datore di lavoro di effettuare la valutazione di tutti i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, anche in relazione alla scelta delle attrezzature di lavoro e delle sostanze o dei preparati chimici impiegati (*artt. 17 - Obblighi del datore di lavoro non delegabili, 28 – Oggetto della valutazione dei rischi, 29 – Modalità di effettuazione della valutazione dei rischi*).

Lo scopo della valutazione del rischio è riconoscere il rischio stesso, al fine di porre in essere le misure necessarie alla sua riduzione entro limiti accettabili e per consentire al gestore dell'attività la predisposizione degli strumenti idonei alla gestione delle situazioni di emergenza in caso di incidente.

Il titolo XI "Protezione da atmosfere esplosive" del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. prescrive le misure per la tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori che possono essere esposti ad atmosfere esplosive, intese come miscele di sostanze combustibili/infiammabili con l'aria in cui, dopo l'accensione, la combustione si propaga nell'insieme della miscela incombusta. In particolare, l'art. 289 stabilisce come primo obbligo del datore di lavoro la prevenzione della formazione di atmosfere esplosive. Nel caso non sia possibile prevenirne la formazione, il datore di lavoro deve comunque evitare l'accensione di atmosfere esplosive ed attenuare gli effetti di un'esplosione, in modo da garantire la salute e sicurezza dei lavoratori.

2.2 Contenuti della valutazione dei rischi

Preliminarmente alla valutazione dei rischi specifici derivanti dalle atmosfere esplosive, occorre tenere conto degli aspetti riportati nel seguito.

In primo luogo occorre effettuare un'analisi del ciclo produttivo, considerando sia le normali condizioni di funzionamento, compresi i lavori di manutenzione, sia la messa in servizio e fuori servizio, le avarie e i guasti prevedibili delle attrezzature, nonché il loro uso difettoso ragionevolmente prevedibile. Risulta, pertanto, di fondamentale importanza conoscere gli strumenti di lavoro impiegati, le sostanze presenti, le condizioni di lavoro e dei processi, le possibili interazioni tra questi, nonché con l'ambiente di lavoro.

In seguito occorre procedere con l'identificazione dei pericoli di esplosione attraverso la conoscenza delle caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze presenti in impianto, in particolare per quanto riguarda la loro infiammabilità (si veda la tabella 1 riportata nell'introduzione).

Secondo quanto previsto dall'art. 290 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., per la valutazione dei rischi di esplosione si deve tener conto almeno dei seguenti elementi:

1. determinazione della probabilità che si formi un'atmosfera esplosiva e della sua durata, mediante la stima della quantità di sostanza rilasciata, al fine di procedere con la "classificazione delle aree con pericolo di esplosione";
2. individuazione della presenza di fonti di innesco e determinazione della probabilità che diventino efficaci, cioè suscettibili di innescare un'atmosfera esplosiva;
3. individuazione dei possibili effetti di un'esplosione.

Alla luce di tali valutazioni il datore di lavoro deve elaborare il “Documento sulla protezione contro le esplosioni” (art. 294 del D.lgs.81/08 e s.m.i.) nel quale devono essere individuate sia le aree dove possono formarsi atmosfere esplosive, sia le prescrizioni minime per il miglioramento della protezione contro le esplosioni (Allegati XLIX e L dello stesso decreto).

Una volta effettuata l’analisi delle misure di prevenzione adottate per evitare sia la formazione delle atmosfere esplosive, sia le sorgenti di innesco efficaci e per ridurre gli effetti di un’esplosione, si procede alla stima del rischio e alla valutazione del suo grado di accettabilità, per poi definire le misure impiantisco-gestionali necessarie alla minimizzazione del rischio residuo.

Le normative tecniche in materia di rischio di esplosione non stabiliscono un metodo univoco per la valutazione, né per la comparazione con un valore di rischio “socialmente accettabile”, come avviene, ad esempio, nel caso della norma CEI EN 62305-2 per il calcolo del pericolo di fulminazione. Pertanto occorre procedere utilizzando metodi diversi che cercano di soddisfare l’unico requisito dettato dalla legge, la “regola d’arte”, ovvero cercare di avere un prodotto di qualità medio-alta rispetto allo standard di settore.

In termini generali, il rischio (R) è definito come la combinazione di due fattori: la probabilità (P) e la gravità di possibili lesioni o danni (D). In un’analisi preliminare dei rischi di esplosione, il fattore relativo alla frequenza può essere suddiviso in due cofattori: il primo relativo alla presenza di atmosfera esplosiva (A), il secondo relativo alla presenza di una fonte di innesco efficace (I), in quanto si potrebbero avere casi in cui, nonostante la presenza alta di uno dei due fattori, ci si potrebbe trovare con la completa assenza dell’altro.

$$R = (A \cdot I) \cdot D \qquad (1)$$

Ai due fattori di probabilità può essere assegnata una scala di valori sulla base di una definizione qualitativa della presenza di atmosfera esplosiva e di innesco efficace, come riportato, in maniera generica, nelle tabelle 5a e 5b.

Per quanto riguarda il fattore di danno, esso dovrebbe tener conto degli effetti sui lavoratori e sui beni materiali; anche a tale fattore può essere associata una scala di valori sulla base di definizioni qualitative degli effetti, come riportato, sempre in maniera generica, nella tabella 5c.

Nella tabella 5d è illustrato un esempio di correlazione tra il rischio stimato e le priorità di intervento.

Tabella 5a – esempi di definizioni qualitative della probabilità di un’atmosfera esplosiva (A)

Fattore di probabilità dell’atmosfera esplosiva (A)	**Definizione qualitativa di probabilità di un’atmosfera esplosiva**
a	Il pericolo è presente sempre o frequentemente. Luogo in cui un’atmosfera esplosiva è presente continuamente o per lunghi periodi o frequentemente (zona 0 o zona 20)
b	Il pericolo è presente talvolta. Luogo in cui un’atmosfera esplosiva è presente occasionalmente durante il funzionamento normale (zona 1 o zona 21)
c	Il pericolo è presente raramente. Luogo in cui un’atmosfera esplosiva è improbabile che si presenti durante il funzionamento normale (zona 2 o zona 22)
d	Il pericolo non c’è mai. Luogo in cui è impossibile si formi un’atmosfera esplosiva

Tabella 5b – Esempi di definizioni qualitative della probabilità di un innesco (I)

Fattore di probabilità dell'innesco (I)	**Definizione qualitativa di innesco**
k	Innesco presente permanentemente o frequentemente nella zona considerata. Le sorgenti di innesco sono efficaci e sempre presenti durante il normale funzionamento
l	Innesco presente talvolta nella zona considerata. Le sorgenti di innesco efficaci possono manifestarsi in circostanze rare e unicamente a seguito di disfunzioni
m	Innesco quasi mai presente nella zona considerata. Le sorgenti di innesco efficaci possono manifestarsi in circostanze molto rare e unicamente a seguito di rare disfunzioni
n	Innesco mai presente nella zona considerata. Le sorgenti di innesco non sono efficaci e/o non si manifestano mai

Tabella 5c – Esempi di definizioni qualitative del danno (D)

fattore di danno (D)	**Definizione qualitativa della magnitudo**
w	L'entità del danno è gravissima. Un singolo individuo o un gruppo di individui è presente permanentemente o frequentemente nella zona considerata. Un determinato bene materiale o comparto ambientale subisce danni molto gravi.
x	L'entità del danno è media o grave. Un singolo individuo o un gruppo di individui è ogni tanto presente nella zona considerata. Un determinato bene materiale o comparto ambientale subisce danni gravi.
y	L'entità del danno è lieve. Un singolo individuo o un gruppo di individui è quasi mai presente nella zona considerata. Un determinato bene materiale o comparto ambientale subisce danni lievi.
z	L'entità del danno è trascurabile o nulla. Un singolo individuo o un gruppo di individui non è mai presente nella zona considerata. Un determinato bene materiale o comparto ambientale non subisce danni.

Tabella 5.d - Esempio di correlazione tra rischio stimato e priorità di intervento

Livello descrittivo del rischio	**Priorità**
ALTO – Esistenza di una condizione grave ed imminente per i lavoratori Luoghi di lavoro o parti di esso in cui la probabilità di presenza di atmosfere esplosive è alta (es. aree classificate come zona 20); in tali aree le condizioni locali e/o di esercizio presentano inneschi efficaci. In caso di esplosione il livello di esposizione è elevato (persone esposte direttamente al pericolo, danni ai beni ingenti) e la probabilità di propagazione dell'esplosione è da ritenersi notevole.	Interventi di adeguamento **immediati**
MEDIO – Esistenza di una condizione di rischio grave ma non imminente per i lavoratori e che potrebbe causare danni con un elevato grado di inabilità o determinare patologie dagli effetti invalidanti permanenti Luoghi di lavoro o parti di esso in cui la probabilità di presenza di atmosfere esplosive è limitata (aree classificate come zona 21); in tali aree le condizioni locali e/o di esercizio possono favorire la presenza di innesco efficace. In caso di esplosione il livello di esposizione è moderato (persone non esposte direttamente al pericolo, danni moderati ai beni) e la probabilità di propagazione dell'esplosione è da ritenersi limitata.	Interventi di adeguamento **a breve termine**
BASSO – Situazioni che non implicano l'insorgere di particolari condizioni di rischio per la sicurezza e la salute dei lavoratori Luoghi di lavoro o parti di esso in cui la probabilità di presenza di atmosfere esplosive è estremamente limitata (es. aree classificate come zona 22); in tali aree le condizioni locali e/o di esercizio offrono scarse probabilità di presenza di innesco efficace. In caso di esplosione il livello di esposizione è basso (persone non esposte al pericolo, danni limitati ai beni) e la probabilità di propagazione dell'esplosione è da ritenersi estremamente limitata.	Interventi di adeguamento **a medio termine**, con programmazione in funzione della fattibilità.
Rischio trascurabile Luoghi di lavoro o parte di essi in cui la probabilità di presenza di atmosfere esplosive è quasi impossibile (es. aree classificate come zone NE); in tali aree le condizioni locali e/o di esercizio non offrono possibilità di presenza di innesco. In caso di esplosione il livello di esposizione è quasi nullo (persone non esposte al pericolo, non ci sono danni ai beni) e la probabilità di propagazione dell'esplosione è da ritenersi quasi nulla.	Eventuali Interventi di miglioramento **a lungo termine** per ottimizzare lo stato dei luoghi e le procedure di lavoro

Applicando la formula (1), si avrà una prima "quantificazione" del rischio associato ad una determinata attrezzatura o area di impianto sottoposto a valutazione. Ovviamente, più il valore ottenuto sarà elevato, maggiore sarà la priorità di intervento da parte del datore di lavoro. Al proposito pare opportuno precisare che nel documento di valutazione dei rischi devono essere stabiliti i criteri di accettabilità del rischio, sulla base dei quali il datore di lavoro dovrà redigere un crono programma degli interventi atti a ridurre il rischio di esplosione, ed eventualmente individuare ulteriori metodiche di analisi per definire meglio quelle situazioni che dovessero presentare un rischio di esplosione compreso fra l'accettabile e l'inaccettabile. È altresì importante evidenziare la dinamicità che una valutazione dei rischi deve possedere, affinchè tenga conto, in primo luogo, di eventuali modifiche apportate ad un impianto, in termini tecnici e/o organizzativi/procedurali per la sua gestione.

2.2.1 La probabilità di formazione di un’atmosfera esplosiva

Come già detto, la formazione di un’atmosfera esplosiva dipende dalla presenza di una sostanza infiammabile (o combustibile), dal suo grado di dispersione e dalla concentrazione in aria all’interno del campo di esplosione. Per le polveri occorre tenere presente che le nubi solitamente non sono omogenee e che la concentrazione può variare sensibilmente per effetto della formazione di depositi di polveri e della loro dispersione nell’atmosfera.

Le sorgenti di emissione

Per sorgente di emissione (SE) si intende un punto o una parte di impianto da cui può essere emessa nell’atmosfera una sostanza infiammabile (o combustibile) con modalità tale da originare un’atmosfera esplosiva. Le norme CEI definiscono tre gradi di emissione, in relazione alla probabilità che essa si verifichi e quindi alla presenza di atmosfera esplosiva:

- *emissione di grado continuo:* *emissione continua o che può avvenire per lunghi periodi*
- *emissione di primo grado:* *emissione che può avvenire periodicamente od occasionalmente durante il normale funzionamento*
- *emissione di secondo grado:* *emissione che non è prevista durante il funzionamento normale e che se avviene è possibile solo poco frequentemente e per brevi periodi*

Si osserva che una stessa sorgente di emissione può essere caratterizzata da più di un grado.

Le emissioni di grado continuo e di primo grado sono previste durante il normale funzionamento e pertanto possono essere definite sia come durata che come frequenza di emissione.

Le emissioni di secondo grado sono generalmente riconducibili ad eventi non voluti e per definire la loro durata e frequenza è necessario fare riferimento alle modalità di sorveglianza e manutenzione dei sistemi di contenimento delle sostanze infiammabili (o combustibili) e dei relativi componenti. Inoltre, gli eventi indesiderati (guasti, malfunzionamenti, ecc.) devono essere considerati in relazione ai criteri di progettazione adottati e all’efficacia dei mezzi attuati per prevenire tali eventi e per limitarne la durata.

È necessario identificare le condizioni nelle quali le apparecchiature e le fasi del processo, o altre azioni che si prevede siano condotte negli impianti, possono formare atmosfere esplosive da polvere o creare strati di polvere. Particolare attenzione dovrà essere rivolta a tali strati, che costituiscono una causa di formazione di nube esplosiva se la polvere viene per qualche ragione dispersa nell’aria: ad esempio, può essere sollevata per l’azione del vento, durante il passaggio di un mezzo o a seguito di un'esplosione primaria che coinvolga altra polvere depositata nell’ambiente. In queste condizioni, lo strato è, a tutti gli effetti, una sorgente di emissione (SE).

La classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione

La classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione ha lo scopo di delimitare le zone entro le quali sono richieste particolari misure di prevenzione e protezione contro le esplosioni e provvedimenti organizzativi per la tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori. Tali zone sono ripartite in base alla frequenza e alla durata dell’atmosfera esplosiva, secondo la classificazione prevista dall’art. 293 e dall’allegato XLIX al D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., come sintetizzato in tabella 6:

Tabella 6 – Classificazione delle aree a rischio esplosione

Gas, vapori e nebbie	Polveri	Definizione
Zona 0	**Zona 20**	Area in cui è presente in permanenza o per lunghi periodi o frequentemente un'atmosfera esplosiva. *In generale, le condizioni relative ad una zona 0 o 20 interessano l'interno delle apparecchiature di processo, di serbatoi di stoccaggio, tubazioni di trasferimento, recipienti chiusi, ecc.*
Zona 1	**Zona 21**	Area in cui è probabile che avvenga occasionalmente durante le normali attività la formazione di un'atmosfera esplosiva. *La zona 1 o 21 può comprendere, ad esempio, i luoghi nelle immediate vicinanze della zona 0, delle aperture di riempimento e svuotamento e di apparecchi, sistemi di protezione, ecc.*
Zona 2	**Zona 22**	Area in cui durante le normali attività non è probabile la formazione di un'atmosfera esplosiva o, qualora si verifichi, sia unicamente di breve durata. *La condizione relativa alla zona 2 o 22 può comprendere, tra gli altri, luoghi circostanti le zone 0/1 o 20/21, in prossimità di apparecchi, sistemi di protezione e componenti.*

2.2.2 Le sorgenti di innesco

In relazione alla probabilità di esistenza, le sorgenti di innesco possono classificarsi a seconda che si manifestino durante il normale funzionamento, unicamente a seguito di disfunzioni o solo a seguito di rare disfunzioni. Secondo la norma EN 1127-1 "Atmosfere esplosive - Prevenzione dell'esplosione e protezione contro l'esplosione - Concetti fondamentali e metodologia" le fonti di innesco possono essere suddivise nelle seguenti tipologie:

- superfici calde,
- fiamme e gas caldi,
- scintille di origine meccanica,
- materiale elettrico,
- correnti elettriche vaganti, protezione contro la corrosione catodica,
- elettricità statica,
- fulmini,
- onde elettromagnetiche a radiofrequenza da $1 \cdot 10^4$ Hz a $3 \cdot 10^{12}$ Hz,
- onde elettromagnetiche da $3 \cdot 10^{11}$ Hz a $3 \cdot 10^{15}$ Hz,
- radiazioni ionizzanti,
- ultrasuoni,
- compressione adiabatica e onde d'urto,
- reazioni esotermiche, inclusa l'autoaccensione delle polveri.

Al fine di valutare l'efficacia di una sorgente di innesco nel provocare un'esplosione, è necessario esaminare le caratteristiche della sostanza infiammabile (o combustibile) presente all'interno delle apparecchiature o emessa nell'ambiente circostante. In seguito deve essere stimata la probabilità di esistenza delle sorgenti di innesco efficaci, tenendo conto anche di quelle che possono essere introdotte, ad esempio, con le operazioni di manutenzione e pulizia.

Nel seguito sono esaminate le sorgenti di innesco che verosimilmente possono essere presenti nei principali cicli produttivi delle polveri.

Superfici calde

Costituisce una sorgente di innesco qualsiasi superficie che possa surriscaldarsi raggiungendo temperature superiori a quelle critiche, vale a dire la minima temperatura di accensione della nube (MIT) e la minima temperatura di accensione dello strato (LIT). Nel corso delle normali attività costituiscono superfici calde gli impianti di riscaldamento, determinate apparecchiature elettriche, condutture calde, ecc. Possono costituire superfici calde anche parti che si surriscaldano per difetti di funzionamento o per una lubrificazione inadeguata.

Fiamme e gas caldi

Tale sorgente di innesco è costituita, ad esempio, dalle fiamme libere durante le attività di saldatura e dai gas caldi di combustione, per i quali è necessario valutare la presenza sia nel normale funzionamento degli impianti che durante le fasi manutentive, qualora vengano svolti dei lavori a caldo non direttamente legati al processo.

Scintille di origine meccanica

In seguito a processi di attrito, abrasione (quali la molatura) o semplice urto si formano scintille in grado di accendere gas/vapori infiammabili e alcune miscele nebbie/aria o polveri/aria (in particolare, miscele polveri di metallo/aria). Nelle polveri depositate, inoltre, le scintille possono causare fuoco senza fiamma, che rappresenta una fonte di ignizione per un'atmosfera esplosiva. Anche l'infiltrazione di materiale estraneo, ad esempio pietre o pezzi di metallo, in apparecchiature o parti degli impianti può essere causa di scintillamento.

Materiale elettrico

Tutte le apparecchiature elettriche (ad esempio i motori, i quadri elettrici, i sensori di livello, le lampade, le prese, ecc.) possono divenire sorgenti di innesco efficace se sviluppano un'alta temperatura e non hanno caratteristiche idonee di tenuta all'ingresso della polvere, o se non sono correttamente manutenute. Inoltre, in relazione agli impianti elettrici, possono presentarsi come sorgenti di innesco – anche a bassissima tensione – scintille elettriche, ad esempio quando si aprono e si chiudono i circuiti elettrici, per connessioni allentate e a seguito di correnti vaganti.

Elettricità statica

L'elettricità statica è l'accumulo superficiale di cariche elettriche su di un corpo composto da materiale isolante, generato dallo strofinio con un materiale diverso. Le cariche elettrostatiche che si accumulano possono provocare una scintilla con un'energia sufficiente per accendere l'atmosfera esplosiva.

Per quanto riguarda le polveri, le cariche elettrostatiche si possono accumulare principalmente per contatto di strati compatti ad alta o media resistività volumica, tra loro o con solidi, e successiva separazione (per esempio durante le fasi di mescolatura, macinazione, setacciatura, versamento, frantumazione e trasporto pneumatico).

La resistività (ρ) delle polveri è considerata:

- bassa: per valori di $\rho \leq 10^3\ \Omega\cdot m$
- media: per valori di ρ compresi tra $10^3\ \Omega\cdot m$ e $10^{10}\ \Omega\cdot m$
- alta: per valori di $\rho > 10^{10}\ \Omega\cdot m$

La polvere e le apparecchiature caricatesi possono dare origine a diversi tipi di scarica che variano enormemente per capacità di innesco. I tipi di scarica che possono verificarsi nelle normali condizioni di attività aziendale sono:

- le scintille di accensione (scariche a scintilla), causate dalla carica di parti non messe a terra e conduttrici di elettricità,
- gli scintillii (scariche a effluvio), che possono verificarsi con parti cariche di materiali non conduttori e comprendono la maggior parte dei materiali sintetici,
- le scariche in grado di propagarsi, che si producono in processi di separazione più rapidi, quali ad esempio in passaggi di fogli di metallo in laminatoi, procedimenti di trasporto pneumatico in tubi o recipienti metallici rivestiti di materiale isolante o in cinghie di trasmissione.

La capacità di innesco di scariche elettrostatiche può generalmente essere valutata paragonando l'energia immagazzinata con l'energia minima di innesco (MIE) della polvere combustibile in questione.

Fulmini

I fulmini sono eventi naturali rari che, se colpiscono un'atmosfera esplosiva, provocano sempre un'accensione, vista la loro notevole energia.

La valutazione del rischio di fulminazione è un obbligo del datore di lavoro (art. 80 D.Lgs. 81/08 e s.m.i.) e va condotta ai sensi della pertinente norma CEI EN 62305-2, sia per la fulminazione diretta che indiretta. La fulminazione diretta colpisce la struttura e può causare danni meccanici, incendi o esplosioni a causa delle altissime temperature del canale di fulmine, del valore di corrente (sovratemperatura dei conduttori), per la quantità di carica trasportata (perforazione di tubi, serbatoi, ecc.) o per accoppiamento resistivo ed induttivo.

La fulminazione indiretta è costituita dai fulmini che cadono a terra in prossimità della struttura e possono causare l'avaria di apparecchiature elettriche ed elettroniche per sovratensioni dovute ad accoppiamento induttivo.

2.3 Misure tecniche per la prevenzione e la protezione contro le esplosioni

Per evitare gli effetti pericolosi della concomitanza di un'atmosfera esplosiva ed una sorgente di innesco efficace, il datore di lavoro deve mettere in atto principi di prevenzione e di protezione che si realizzano, rispettivamente, evitando la formazione di atmosfere esplosive e di qualsiasi sorgente di innesco attiva possibile, e limitando gli effetti delle esplosioni ad un livello accettabile. La progettazione delle misure di prevenzione dell'esplosione e di protezione contro di essa deve considerare il funzionamento normale, che comprende l'avviamento e l'arresto, le possibili disfunzioni tecniche, nonché l'eventuale uso improprio prevedibile.

In termini generali i sistemi di prevenzione dovrebbero essere progettati garantendo che la loro funzionalità sia indipendente dai sistemi di misurazione e controllo del processo e che siano a sicurezza positiva (*fail safe*). Per quanto riguarda i parametri relativi alle potenziali sorgenti di innesco (ad esempio temperatura, la velocità e le vibrazioni), dovrebbero essere definiti sia i valori normali di funzionamento, sia i valori critici, superati i quali dovrebbe essere prevista almeno una segnalazione di allarme o il blocco automatico dell'apparecchiatura/impianto.

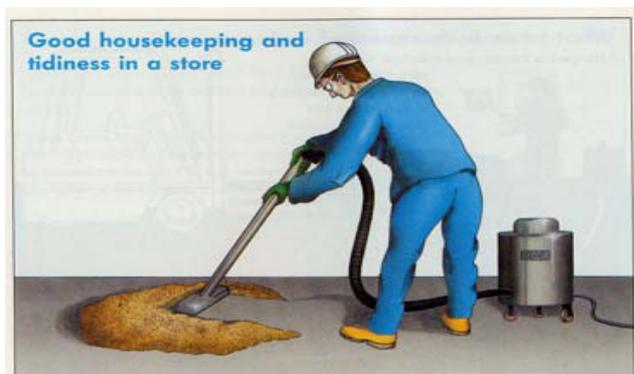
2.3.1 Evitare le atmosfere esplosive

Quando possibile, le sostanze infiammabili o combustibili devono essere sostituite con altre che non presentano tali caratteristiche di pericolo o che non sono in grado di formare atmosfere esplosive (ad esempio, sostituendo il materiale polveroso fine con uno granulare meno fine); in alternativa, si potrebbe prevedere il controllo della concentrazione della sostanza pericolosa in atmosfera, ma per le polveri i calcoli sono spesso errati, poiché considerano le concentrazioni globali anziché quelle locali presenti nell'apparecchiatura.

Un'ulteriore misura preventiva, seppur costosa, consiste nell'inertizzazione che, nel caso di miscele esplosive aria/polveri, può essere realizzata con polveri inerti compatibili.

Anche un'attenta gestione degli impianti, in termini sia di manutenzione per garantire l'integrità di quegli elementi da cui si possono verificare le emissioni di sostanze pericolose, sia di approvvigionamento dei materiali secondo criteri di sicurezza, può portare alla riduzione del rischio di esplosione all'esterno delle apparecchiature.

Per quanto riguarda le polveri, particolare attenzione deve essere posta nell'evitare un loro accumulo, in modo da impedire la formazione di un'atmosfera esplosiva per effetto della dispersione in aria. Gli accumuli di polvere possono verificarsi anche al di fuori degli impianti di processo e delle zone classificate (ad esempio su travi e pilastri, nelle intercapedini o nei solai leggermente inclinati) e possono avvenire anche accidentalmente o a seguito di particolari lavorazioni e comunque per tempi molto limitati ma sufficienti a consentire il verificarsi dell'evento accidentale. Questo può essere dovuto alle più svariate cause, quali rotture di contenitori con polveri all'interno, piccole lavorazioni in serbatoi contenenti residui di polvere, scarichi da silos in recipienti aperti, punti di discontinuità dei macchinari quali flange, manicotti, zone di riempimento sacchi, ecc.

Oltre a specifici criteri di progettazione sui sistemi di trasporto ed estrazione delle polveri, è indispensabile la rimozione immediata della polvere accidentalmente dispersa, garantendo una buona accessibilità per l'esecuzione di tale operazione.

Sistemi di bonifica delle polveri combustibili sono rappresentati da:

- asportazione continua con sistemi di ricambio dell'aria ambiente,
- asportazione di polveri combustibili emesse da singole sorgenti di emissione,
- contenimento in depressione,
- rimozione degli strati di polvere combustibili presenti nell'ambiente.

Questi sistemi generalmente utilizzati per proteggere le persone dalla presenza di sostanze disperse nell'aria, sono poco efficaci per proteggere dalla presenza di polveri depositate. Possono però essere adottati, se adeguatamente dimensionati, per escludere la formazione di depositi di polvere quando la presenza di polvere nell'ambiente è dovuta ad un'emissione piccola e continua. Solitamente sono sistemi di aspirazione affiancati alla macchina che produce la polvere; quelli più efficaci hanno le bocche di aspirazione molto prossime alla sorgente di emissione.

Il contenimento delle polveri può anche essere effettuato in depressione rispetto all'atmosfera esterna con sistemi chiusi. In questo modo si evita l'emissione di polveri anche in caso di non perfetta tenuta del sistema.

Oltre ai sistemi di eliminazione degli strati di polvere per aspirazione, esistono procedimenti di pulizia per via umida, per i quali devono essere tenuti in debito conto i problemi di smaltimento o quelli legati allo sviluppo di idrogeno nel caso di polveri di metalli leggeri (ad esempio alluminio).

È opportuno ricordare che il grado delle emissioni dello strato dipende anche dallo stato di pulizia delle apparecchiature e dei luoghi di lavoro. Sono di norma considerati i seguenti livelli di mantenimento della pulizia:

- buono, quando gli strati sono mantenuti a spessori trascurabili,
- adeguato, quando gli strati di polvere non sono trascurabili ma permangono per meno di 8 ore (un turno di lavoro),
- scarso, quando gli strati di polvere non sono trascurabili e perdurano per oltre 8 ore.

2.3.2 Evitare le sorgenti di innesco

Qualora non sia possibile impedire la formazione di un'atmosfera esplosiva pericolosa, bisogna evitarne l'innesco. Questo può essere ottenuto agendo sulla presenza di fonti di innesco e/o riducendone la probabilità. Per la determinazione di misure di protezione efficaci si devono conoscere i vari tipi di fonti di innesco e le loro modalità di azione. Nel seguito sono illustrate alcune misure atte ad evitare le sorgenti di innesco già descritte in precedenza.

Superfici calde

Se le superfici calde possono venire a contatto con atmosfere esplosive, si dovrebbe garantire un determinato margine di sicurezza tra la temperatura massima raggiungibile dalla superficie e la temperatura di accensione dell'atmosfera esplosiva. Al proposito la norma UNI EN 1127-1 (nonché la norma CEI EN 60079-14 per le apparecchiature elettriche) introduce un coefficiente di sicurezza ed assume una temperatura massima delle apparecchiature (T_{max}) che non deve essere maggiore dei 2/3 della temperatura minima di accensione della nube di polvere (T_{CL} o MIT).

$$T_{MAX} \leq {}^{2}\!/_{3}\, T_{CL}$$

Per strati di polvere con spessore fino a 5 mm, la temperatura massima della superficie non deve superare un margine di sicurezza, di norma pari a 75 °C, al di sotto della minima temperatura di accensione.

$$T_{max} = T_{5\,mm} - 75\ °C$$

dove $T_{5\,mm}$ è la minima temperatura di accensione dello strato di polvere di 5 mm.

La temperatura superficiale massima delle apparecchiature non deve superare la minore tra:

$$(T_{max})_1 = (2/3)\, T_{CL} \qquad e \qquad (T_{max})_2 = T_{5mm} - 75°C.$$

Maggiori margini di sicurezza sono richiesti se lo strato di polvere ha uno spessore superiore a 5 mm. Infatti, i depositi di polvere hanno un effetto isolante ed ostacolano la dispersione di calore nell'ambiente circostante. Quanto più è spesso lo strato di polvere, tanto meno avviene la dispersione di calore, con conseguente ristagno dello stesso e ulteriore innalzamento della temperatura. Questo fenomeno può portare all'infiammazione dello strato di polveri. È bene rammentare che le attrezzature di lavoro che possono essere fatte funzionare in modo sicuro in un'atmosfera esplosiva gas/aria non sono quindi necessariamente opportune per un funzionamento appropriato in aree a rischio di esplosione di polveri/aria.

Si riporta in figura 2 un grafico con alcuni esempi della riduzione della massima temperatura superficiale ammissibile di costruzioni elettriche usate in presenza di polvere che hanno una temperatura minima di accensione superiore a 250°C per uno strato di polvere di 5 mm, in relazione all'aumento dello spessore degli strati fino a 50 mm. Nel caso in cui lo strato superi i 50 mm, è necessario ricorrere a un laboratorio specializzato per stabilire il valore di T_{max}, come indicato dalla norma CEI 31-33.

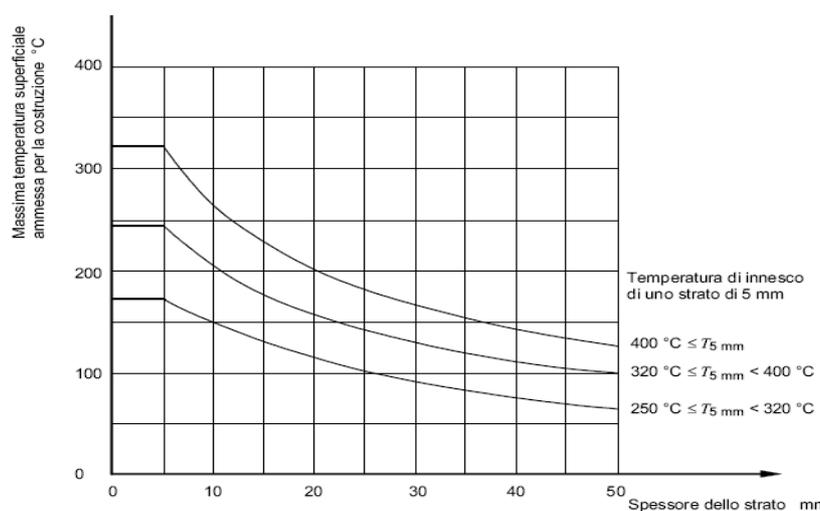



Fig. 2 – Curve delle massime temperature superficiali ammesse in funzione dello spessore dello strato di polvere

Fiamme e gas caldi

Le fiamme, anche se di piccolissime dimensioni, sono tra le fonti di ignizione più efficaci e quindi vanno escluse in linea generale dalle aree potenzialmente esplosive delle zone 0 e 20. Nelle zone 1, 2, 21 e 22 le fiamme dovrebbero poter essere presenti solo se confinate in modo sicuro, come indicato dalla norma UNI EN 1127-1. Si devono impedire, mediante appropriate misure procedurali, fiamme libere dovute a saldature o fumo.

Scintille di origine meccanica

La formazione di scintille provenienti da attrito o urto può essere limitata mediante la scelta di appropriate combinazioni di materiali (ad es. nei ventilatori). Con attrezzature di lavoro che hanno parti in movimento si devono evitare, in via di principio, per le postazioni dove vi siano attrito, urti o abrasioni, le combinazioni metalli leggeri e acciaio (escluso l'acciaio inossidabile).

Materiale elettrico

Possono essere installati in aree a rischio di esplosione solo apparecchi elettrici conformi ai requisiti richiesti dall'Allegato L al D.lgs.81/2208 e s.m.i., come illustrato nel successivo paragrafo.

Elettricità statica

Le misure di sicurezza da adottarsi contro le scariche elettrostatiche sono principalmente la messa a terra di tutte le parti conduttive dell'impianto che presenta rischi di accumulo di carica. Una resistenza verso terra minore di 1MΩ è adeguata per la dissipazione dell'energia statica. Altre misure atte ad evitare le cariche elettrostatiche sono:

- indossare sempre calzature adatte su pavimenti con una resistenza elettrica totale della persona contro il terreno di non più di 10^8 Ω,
- evitare materiali e oggetti a bassa conducibilità elettrica,
- diminuire le superfici non conducenti,
- garantire la messa a terra degli automezzi di

carico/scarico,
- evitare canalizzazioni e recipienti metallici conduttori, rivestiti all'interno di un isolamento elettrico, nei processi di trasporto e di riempimento di polveri.

Fulmini

La norma CEI EN 62305-2 considera un rischio maggiore per le strutture al cui interno esistono luoghi con rischio di esplosione (zone 0, 1, 2 o 20, 21, 22). Il pericolo di esplosione in tali strutture può essere trascurato alle seguenti condizioni:

a. il tempo di presenza della sostanza esplosiva è inferiore a 0,1 ore/anno,
b. il volume dell'atmosfera esplosiva è trascurabile secondo la EN 60079-10-1 e 60070-10-2,
c. la zona non può essere colpita direttamente dal fulmine e sono impedite scariche pericolose nella zona stessa.

La condizione c. si ritiene soddisfatta (precisazione del Comitato Tecnico 81 del CEI) se la zona pericolosa si trova all'interno di strutture:

- protette con LPS (Lightning Protection System)
- in cemento armato con ferri di armatura continui
- in cemento armato gettato in opera
- con struttura portante metallica

purché gli organi di captazione naturale impediscano perforazioni o problemi di punto caldo nella zona e gli impianti interni alla zona, se presenti, siano protetti contro le sovratensioni, al fine di evitare scariche pericolose.

I valori della temperatura in relazione agli spessori e al livello di protezione, da comparare con quelli di accensione delle sostanze, sono riportati nella Norma CEI EN 62305-3.

A seguito della valutazione del rischio di fulminazione diretta e indiretta, viene stabilita la necessità o meno di una protezione contro i fulmini, costituita da:

- impianto di protezione contro i fulmini (LPS), in caso di fulminazioni dirette,
- dispositivi di protezione dalle sovratensioni (SPD, Surge Protective Device), detti comunemente "scaricatori".

Si precisa che i calcoli eseguiti con le norme precedenti alla CEI EN 62305 – 2 dovranno essere rivisti con l'adozione dei nuovi valori di Ng, che sono forniti sulla base delle coordinate geografiche della struttura in esame. L'obbligatorietà dell'aggiornamento della valutazione è segnalata dal D.lgs 81/08 all'art. 29 comma 3 "*la valutazione dei rischi deve essere immediatamente rielaborata […] in relazione al grado di evoluzione della tecnica della prevenzione e della protezione*".

2.3.3 Attrezzature presenti all'interno delle aree con pericolo di esplosione

In linea generale, il datore di lavoro deve garantire che tutte le attrezzature, intese come apparecchi e impianti, siano idonee per il funzionamento in aree a rischio di esplosione, considerando le condizioni ambientali del luogo di lavoro ed assicurando che l'installazione, il funzionamento e la loro manutenzione avvengano in condizioni tali da non provocare esplosioni.

In particolare, gli apparecchi e i sistemi di protezione installati nei luoghi con pericolo di esplosione dopo il 30 giugno 2003 devono essere scelti sulla base delle categorie elencate nella direttiva 94/9/CE, recepita dal D.P.R. 126/98. In questo caso, per tali attrezzature è richiesto che vengano soddisfatti i requisiti fissati nell'Allegato L, parte A e B, al D.Lgs.81/2008 e s.m.i.

Le attrezzature installate prima del 30 giugno 2003 devono rispondere ai requisiti della sola parte A dell'Allegato L.

La parte B dell'Allegato L al D.lgs.81/2008 e s.m.i. distingue gli apparecchi e i sistemi di protezione per miniere (Gruppo I) da quelli impiegati in superficie (Gruppo II), sulla base di quanto stabilito dal DPR 126/98, recepimento della direttiva 94/9/CE. Per il Gruppo II, il decreto definisce tre categorie in relazione a differenti livelli di protezione:

- **Categoria 1:** comprende gli apparecchi progettati per poter funzionare in conformità ai parametri operativi stabiliti dal fabbricante e in grado di assicurare un livello di protezione molto elevato. Gli apparecchi sono destinati ad essere utilizzati dove sono presenti continuamente, per lunghi periodi o frequentemente atmosfere esplosive causate da miscele aria/polveri. Con tale categoria deve essere assicurato il livello di protezione richiesto anche in caso di rare disfunzioni dell'apparecchio.
- **Categoria 2:** comprende gli apparecchi progettati per poter funzionare in conformità ai parametri operativi stabiliti dal fabbricante e in grado di assicurare un livello di protezione elevato. Gli apparecchi sono destinati ad essere utilizzati quando è probabile siano presenti atmosfere esplosive causate da miscele aria/polveri. Con tale categoria deve essere assicurato il livello di protezione richiesto anche in caso di disfunzioni dell'apparecchio.
- **Categoria 3:** comprende gli apparecchi progettati per poter funzionare in conformità ai parametri operativi stabiliti dal fabbricante e in grado di assicurare un livello di protezione normale. Gli apparecchi sono destinati ad essere utilizzati quando è improbabile siano presenti atmosfere esplosive causate da miscele aria/polveri. Con tale categoria deve essere assicurato il livello di protezione richiesto durante il normale funzionamento.

In tabella 7 si riportano, per ciascuna categoria del D.P.R. 126/98, le zone con pericolo di esplosione compatibili (miscele aria/polveri).

Tabella 7 – Relazione tra categorie del DPR 126/98 e zone con pericolo di esplosione

Categoria	Livello di protezione	Progettazione per zona	Applicazione facoltativa nelle zone
1	Molto elevato	20	21 e 22
2	Elevato	21	22
3	Normale	22	-

In figura 3 è illustrato un esempio del tipo di marcatura richiesta per gli apparecchi e i sistemi di protezione in funzione della classificazione delle zone di pericolo in cui devono essere installati: il numero romano rappresenta il gruppo, segue la categoria e la tipologia di pericolo – polvere (*Dust*).

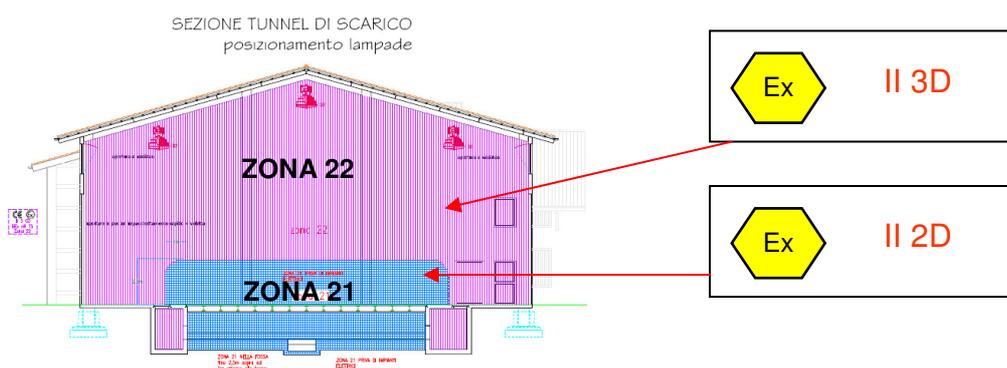



Figura 3 – Esempio di marcatura apparecchi e sistemi di protezione

Si segnala che l'IEC (*International Electrotechnical Commission*) ha introdotto, con la norma CEI EN 60079-14, il concetto di livello di protezione delle apparecchiature (EPL – Equipment Protection Level), definendo delle categorie corrispondenti a quelle della direttiva 94/9/CE, riportate nella Tabella 8.

Tabella 8 – Corrispondenza tra categorie ATEX e categorie EPL

Luoghi Ex (99/92/CE)	***Categorie ATEX (94/9/CE, DPR 126/98)***		***Categorie EPL (CEI EN 60079-14)***
Zona 20	Categoria 1	Ex (D)	Da
Zona 21	Categoria 2	Ex (D)	Db
Zona 22	Categoria 3	Ex (D)	Dc

I requisiti minimi definiti nella **parte A dell'Allegato L al D.Lgs.81/2008 e s.m.i**. si suddividono in provvedimenti organizzativi e in misure di protezione contro le esplosione.

I primi rimandano ad attività specifiche di carattere gestionale per la prevenzione delle condizioni necessarie per un'esplosione, quali l'adeguata formazione del personale sui rischi di esplosione connessi con il luogo di lavoro e le conseguenti misure di prevenzione e protezione adottate, nonché l'adozione di specifiche procedure operative per la conduzione degli impianti, sia durante la normale attività sia per la gestione di fasi specifiche di funzionamento, quali l'avvio o la fermata per attività manutentive.

Relativamente alle misure di protezione contro le esplosioni, si vuole porre l'attenzione sui punti 2.4 e 2.5 della parte A dell'Allegato L. Il primo punto richiede al datore di lavoro di mettere in servizio impianti, attrezzature, sistemi di protezione e tutti i loro dispositivi di collegamento, compresi quelli che non rientrano nella definizione di apparecchi o sistemi di protezione di cui al DPR 126/98, *"soltanto se dal documento sulla protezione contro le esplosioni risulta che possono essere utilizzati senza rischio in un'atmosfera esplosiva*".

Il punto 2.5 richiede di prendere tutte le misure necessarie per garantire che le attrezzature di lavoro con i dispositivi di collegamento a disposizione dei lavoratori, nonché la struttura del luogo di lavoro siano progettate, costruite, montate, installate, tenute in efficienza e utilizzate in modo tale da ridurre al minimo i rischi di esplosione e, se questa dovesse verificarsi, si possa controllarne o ridurne al minimo la propagazione all'interno del luogo di lavoro e dell'attrezzatura.

Alla base dei sopracitati punti 2.4 e 2.5 della parte A dell'Allegato L è da considerare, pertanto, la valutazione dei rischi, che il datore di lavoro deve predisporre tenendo conto delle proprie analisi e di quelle del costruttore dell'attrezzatura. Infatti, il primo comma dell'art. 70 del D.Lgs.81/2008 e s.m.i. prevede che le attrezzature di lavoro messe a disposizione dei lavoratori siano conformi alle specifiche disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle Direttive comunitarie di prodotto, ossia alla cosiddetta "Direttiva macchine".

La direttiva, recepita in Italia nel 1996, richiede al costruttore di individuare i pericoli a cui può dare origine l'attrezzatura e le situazioni pericolose che ne derivano, di stimare i rischi, tenendo conto della gravità degli eventuali danni e della probabilità che si verifichino, per stabilire se sia necessaria una loro riduzione. Inoltre la direttiva pone l'attenzione sui rischi dovuti a pericoli specifici, quali ad esempio l'elettricità statica e l'esplosione, per i quali è richiesto che la progettazione e la costruzione consentano di evitare la formazione di cariche elettrostatiche potenzialmente pericolose e di ridurre il rischio di esplosione provocato dalla macchina stessa o da gas, liquidi, polveri, vapori od altre sostanze prodotti o utilizzati dalla macchina.

Qualora le attrezzature siano state costruite in assenza delle disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle Direttive comunitarie di prodotto o siano state messe a disposizione dei lavoratori antecedentemente all'emanazione delle norme legislative e regolamentari di recepimento, il secondo comma dell'art.70 del D.lgs.81/2008 e s.m.i. richiede che sia rispettata la conformità ai requisiti generali di sicurezza di cui all'Allegato V al D.lgs.81/2008, che pertanto deve avvenire attraverso una valutazione dei rischi da parte del datore di lavoro.

Tra i suddetti requisiti si cita, ad esempio, il punto 12 "Incendio ed esplosione", che richiede che tutte le attrezzature di lavoro siano *"[…] realizzate in maniera tale da evitare di sottoporre i lavoratori ai rischi di esplosione dell'attrezzatura stessa e delle sostanze prodotte, usate o depositate nell'attrezzatura di lavoro".*

Approfondimenti sugli impianti elettrici

In merito agli impianti elettrici pare opportuno premettere che il grado di protezione di un involucro, o barriera, è identificato in sede IEC (*International Electrotechnical Commission*) dalle lettere IP (*international protection*) seguite da due cifre: la prima indica il grado di protezione contro i corpi solidi e contro i contatti diretti, la seconda indica il grado di protezione contro i liquidi. Si riportano nelle tabelle 9a e 9b i gradi di protezione previsti contro il contatto di corpi solidi esterni e contro la penetrazione di liquidi.

Tabella 9a – Gradi di protezione contro il contatto di corpi solidi esterni

Grado di protezione	Protezione del materiale	Protezione delle persone
IP 2X	protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12 mm	contro l'accesso con un dito
IP 3X	protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 2.5 mm	contro l'accesso con un attrezzo
IP 4X	protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 1 mm	contro l'accesso con un filo
IP 5X	protetto contro la polvere	contro l'accesso con un filo
IP 6X	totalmente protetto contro la polvere	contro l'accesso con un filo

Tabella 9b – Gradi di protezione contro la penetrazione dei liquidi

Grado di protezione	Protezione del materiale
IPX2	protetto contro la caduta di gocce d'acqua con inclinazione max di 15°
IPX3	protetto contro la pioggia
IPX4	protetto contro gli spruzzi d'acqua
IPX5	protetto contro i getti d'acqua
IPX6	protetto contro le ondate
IPX7	protetto contro gli effetti dell'immersione
IPX8	protetto contro gli effetti della sommersione

Impianti elettrici installati prima del 30 giugno 2003. Nel caso di impianti elettrici installati nelle zone con pericolo di esplosione prima del 30 giugno 2003, il datore di lavoro può tener conto delle indicazioni contenute nella guida CEI 31-93. Per i prodotti installati in zona 20 o 21, la guida raccomanda la sostituzione con altri prodotti conformi alla parte B dell'allegato L del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.

Per quanto riguarda la zona 20 sono ritenuti idonei i sistemi a sicurezza intrinseca di categoria "ia" anche se certificati per gas, purché appartenenti al gruppo IIB o IIC, e con classe di temperatura idonea.

Relativamente alla zona 21 sono ritenuti idonei i sistemi a sicurezza intrinseca di categoria "ia"o "ib" anche se certificati per gas, purché appartenenti al gruppo IIB o IIC. Si possono ritenere idonei i prodotti elettrici in esecuzione "d", a sicurezza aumentata "e", a sovrapressione interna "p", incapsulamento "m" certificati per gas, con grado di protezione IP6X e con classe di temperatura idonea.

Per i prodotti installati in zona 22 sono ritenuti idonei i componenti con grado di protezione IP6X o IP5X. In alternativa, è ritenuto accettabile il mantenimento in servizio di prodotti aventi un grado di protezione IP44 per polveri non conduttrici e IP55 per polveri conduttrici, purché sia previsto un piano di verifica all'interno degli stessi per accertare l'assenza di polvere.

In tabella 10 sono riportati i gradi di protezione ritenuti idonei in funzione della zona con pericolo di esplosione e tipologia della polvere (conduttrice o non).

Tabella 10 – Gradi di protezione idonei in funzione della zona e della tipologia di polvere

Tipo di polvere	Zona 20	Zona 21	Zona 22
Non conduttrice	IP 6X	IP 6X	**IP 5X**
Conduttrice	IP 6X	IP 6X	IP 6X

Impianti elettrici installati dopo il 30 giugno 2003. Per evitare che le apparecchiature elettriche installate nelle zone classificate inneschino una nube di polvere e/o uno strato di polvere, la norma CEI EN 60079-14 (CEI 31-33) prevede l'installazione di componenti a prova di esplosione (Ex) con il grado di protezione riportato nella tabella 11.

Tabella 11 – Grado di protezione delle apparecchiature elettriche installate dopo il 30 giugno 2003

Classificazione delle aree pericolose	Apparecchiature idonee	Apparecchiature ridondanti
Zona 20	ta IP6X, ia, ma	-
Zona 21	tb IP6X, ib, mb, pD 21	ta IP6X, ia, ma
Zona 22	tc IP5X per polveri non conduttrici tc IP6X per polveri non conduttrici pD 22, ic , mc	ta IP6X, ia, ma, tb IP6X, ib, mb, pD 21

Si segnala che la norma IEC 60079-0, già nella quinta edizione del 2007, ha introdotto il gruppo III relativo agli apparecchi installati in luoghi con presenza di polveri, individuando tre categorie, come riportato in tabella 12.

Tabella 12 – Categorie introdotte dalla norma IEC 60079-0:2007

Gruppo	Sostanze pericolose
III A	Sostanze volatili combustibili (fibre)
III B	Polveri non conduttrici
III C	Polveri conduttrici

2.3.4 Limitazione degli effetti delle esplosioni

In alcuni casi, la prevenzione di atmosfere esplosive e la prevenzione di fonti di ignizione non sono attuabili con sufficiente sicurezza. Vanno quindi adottate misure che limitano gli effetti di un'esplosione a dimensioni non pericolose. Queste si configurano con:

- la progettazione resistente alle esplosioni
- lo scarico della pressione di esplosione
- la soppressione delle esplosioni
- l'isolamento delle esplosioni

Tali misure riguardano, di norma, la limitazione degli effetti pericolosi delle esplosioni che hanno origine all'interno degli impianti.

Progettazione resistente alle esplosioni

Parti dell'impianto, quali recipienti, apparecchi, condutture, devono essere costruite in modo da resistere ad un'esplosione interna senza squarciarsi. Si distinguono generalmente i seguenti tipi di costruzione resistenti alle esplosioni:

- costruzione per la sovrapressione massima di esplosione;
- costruzione per la sovrapressione di esplosione ridotta in relazione allo scarico della pressione di esplosione o alla soppressione delle esplosioni.

Il primo sistema è costruito per resistere alla pressione statica ed è progettato per resistere all'esplosione senza deformarsi; la sovrapressione massima di esplosione va, per la maggior parte delle miscele gas/aria e polveri/aria, da 8 a 10 bar. Il secondo sistema tiene conto della velocità di incremento della pressione durante il fenomeno esplosivo ed è progettato per potersi deformare e quindi, in caso di esplosione, non è più riutilizzabile.

In merito a tali sistemi di protezione, occorre tenere presente che in caso di compartimentazione dell'interno degli impianti o di collegamento mediante tubazione di due recipienti, durante un'esplosione in un compartimento può aumentare la pressione nell'altro, il che può provocare un'esplosione anche nel secondo elemento in seguito all'accresciuta pressione in uscita. Di conseguenza, si generano dei picchi di pressione che possono essere più elevati del parametro tecnico "pressione massima di esplosione" determinato in condizioni atmosferiche.

Se simili assetti non possono essere evitati, si devono prendere appropriate misure, ad esempio sistemi di costruzione sufficientemente resistenti alle esplosioni nel caso di un aumento della pressione di esplosione o isolamento delle esplosioni.

Scarico della pressione di esplosione

Il concetto di "scarico della pressione di esplosione" comprende in senso ampio tutto ciò che serve, quando si genera o si propaga un'esplosione, ad aprire l'impianto originariamente chiuso in cui l'esplosione ha luogo, per breve tempo o permanentemente, in direzione non pericolosa mediante un dispositivo di scarico (ad esempio dischi di sicurezza o pannelli o sportelli di esplosione). Tale dispositivo deve funzionare in modo tale che l'impianto/ l'installazione non sia sollecitato al di là della loro resistenza alle esplosioni, portando così ad una sovrapressione di esplosione ridotta.

Per reazione dei dispositivi di scarico della pressione di esplosione si possono produrre notevoli effetti di fiamme e pressione in direzione dello scarico. Pertanto, con l'applicazione di tali dispositivi agli impianti, si deve fare in modo che lo scarico di pressione avvenga in una direzione non pericolosa. Inoltre, qualora la polvere da sfiatare sia tossica, non è possibile effettuare lo scarico direttamente in atmosfera, ma si deve prevedere il convogliamento in un sistema di blow down. L'esperienza insegna che nel caso di un'installazione posteriore di dispositivi di scarico della pressione di esplosione in impianti già esistenti, può essere problematico rispettare i necessari margini di sicurezza.

Soppressione delle esplosioni

I dispositivi di soppressione delle esplosioni impediscono il raggiungimento della pressione massima di esplosione mediante una rapida immissione in recipienti ed impianti di opportuni materiali in caso di esplosione.

Contrariamente allo scarico della pressione di esplosione, gli effetti di un'esplosione restano limitati all'interno dell'apparecchio. A seconda dei modelli, la sovrapressione di un'esplosione può essere ridotta fino a circa 0,2 bar. La soppressione dell’esplosione può avvenire mediante estinzione, cattura dei radicali liberi, impregnazione o inertizzazione. Per i dispositivi di soppressione delle esplosioni si deve provvedere ad un isolamento delle esplosioni per le parti dell'impianto collegate in serie.

Sistemi di isolamento dell’esplosione

Nel caso in cui avvenga un'esplosione in una parte dell'impianto, questa può propagarsi alle altre parti collegate in serie e provocare in esse ulteriori esplosioni. Gli effetti dell'accelerazione, a causa delle installazioni presenti negli impianti, o la propagazione in condutture, possono portare ad un rafforzamento degli effetti dell'esplosione. Le pressioni di esplosione conseguenti possono essere di gran lunga superiori alla pressione massima di esplosione in condizioni normali e portare alla distruzione di parti dell'impianto anche nel caso di costruzioni resistenti alla pressione di esplosione o all'urto di pressione dell'esplosione. Per questo motivo, è importante limitare le possibili esplosioni nelle singole parti dell'impianto. Ciò si ottiene mediante l'isolamento delle esplosioni.

Si riportano nel seguito alcuni dispositivi, sperimentati nella prassi, per evitare la propagazione di esplosioni di polveri in condutture collegate, in dispositivi di trasporto o di altro tipo così come la fuoriuscita di fiamme dalle parti dell'impianto.

- Barriere estinguenti. L'esplosione viene riconosciuta mediante apparecchi rivelatori che attuano l'immissione di sostanze antincendio nelle condutture per lo spegnimento delle fiamme. La pressione di esplosione che si genera prima della barriera estinguente non viene influenzata; anche dopo la barriera estinguente si deve tarare la resistenza delle condutture e quella delle apparecchiature collegate in serie per la pressione prevista. Il materiale antincendio deve essere adatto al particolare tipo di polveri.
- Valvole a chiusura rapida. Se si supera una determinata velocità di flusso, si chiude una valvola nella conduttura. La velocità necessaria per la chiusura è prodotta o dall'onda di pressione dell'esplosione o da una corrente ausiliaria azionata dal rivelatore (ad es. immissione di azoto sul cono della valvola).
- Valvole rotative. Possono essere installate come "tagliafiamme" solo se la loro capacità di impedire il ritorno di fiamma e la loro tenuta di pressione per le relative condizioni d'impiego sono certificate. In caso di esplosione, la valvola deve essere chiusa automaticamente da un rivelatore, al fine di impedire la fuoriuscita di materiale ardente.
- Deviatori di esplosione. Un deviatore di esplosione consta di parti di condutture collegate insieme mediante una particolare porzione di tubo. Un dispositivo di scarico (lastra di rivestimento o disco di sicurezza; sovrapressione di reazione di norma p ≤ 0,1 bar) forma la chiusura della conduttura nei confronti dell'atmosfera. La trasmissione di un'esplosione deve essere impedita mediante il cambiamento di 180° della direzione del flusso, con il contemporaneo scarico della pressione di esplosione al punto di svolta, dopo l'apertura dei dispositivi di scarico. Si deve evitare che volino via alcune parti dei dispositivi di scarico, ad esempio mediante l'impiego di una gabbia di protezione. Questa misura di protezione è inammissibile qualora, mediante la liberazione di sostanze, possano essere messe in pericolo le persone o possa essere danneggiato l'ambiente.
- Ricevitore del prodotto. In relazione al sistema di protezione "scarico della pressione di esplosione" sono opportuni dei ricevitori del prodotto (ad es. al punto di scarico in un silo) di sufficiente altezza per isolare le parti dell'impianto. Lo stoccaggio del prodotto deve, di volta in volta, essere tale - e questo deve essere assicurato mediante indicatori di riempimento - che per il carico della pressione dell'esplosione non possa risultare un ritorno di fiamma attraverso il prodotto.
- Doppia valvola a cassetto. Gli scarichi di prodotto da apparecchi costruiti a prova di esplosione possono essere resi sicuri, nell'impedire un ritorno di fiamma, con un sistema a doppia valvola. Le valvole devono, quindi, avere almeno la stessa solidità dell'apparecchio. Mediante adeguati dispositivi di comando si deve garantire che, in modo alternato, una delle valvole sia sempre chiusa.

2.4 Misure gestionali per la prevenzione e la protezione contro le esplosioni

2.4.1 Riferimenti normativi

L'art. 30 del D.Lgs. 81/08 e s.m.i. prevede l'adozione e l'attuazione di modelli aziendali di organizzazione e gestione della salute e sicurezza sul lavoro, che assicurino l'adempimento di tutti gli obblighi giuridici relativi ai seguenti aspetti:

- rispetto degli standard tecnico-strutturali di legge relativi a attrezzature, impianti, luoghi di lavoro,
- attività di valutazione dei rischi e conseguenti misure di prevenzione e protezione,
- attività di natura organizzativa, quali emergenze e primo soccorso, gestione degli appalti, riunioni periodiche di sicurezza, consultazioni dei rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza,
- attività di sorveglianza sanitaria,
- attività di informazione e formazione dei lavoratori,
- attività di vigilanza sul rispetto delle procedure/istruzioni di lavoro in sicurezza da parte dei lavoratori,
- verifiche periodiche dell'applicazione e dell'efficacia delle procedure.

Il comma 5 del citato articolo stabilisce che sono presunti conformi ai requisiti di cui all'articolo stesso, in sede di prima applicazione, "*i modelli di organizzazione aziendale definiti conformemente alle Linee guida UNIINAIL per un sistema di gestione della salute e sicurezza sul lavoro (SGSL) del 28 settembre 2001 o al British Standard OHSAS 18001:2007.*"

In attuazione dell'art. 30 comma 5-bis del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., il Decreto del Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali del 13 febbraio 2014, riporta le "Procedure semplificate per l'adozione dei modelli di organizzazione e gestione (MOG) nelle piccole e medie imprese". In particolare, per ciascuno dei requisiti previsti dal "Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro", fornisce le indicazioni organizzative semplificate di natura operativa e contiene alcune schede utili a semplificare l'attuazione di alcuni dei suddetti requisiti e che possono essere modificate e integrate in funzione della complessità organizzativa e tecnica aziendale.

2.4.2 Principi fondamentali e contenuti di un SGSL

Un sistema di gestione della salute e sicurezza sul lavoro (SGSL) integra obiettivi e politiche per la salute e sicurezza nella progettazione e gestione di sistemi di lavoro e di produzione di beni o servizi. L'art. 30 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. richiama alcuni principi fondamentali di un sistema di gestione, esemplificati nella sequenza ciclica, illustrata in figura 4, delle fasi di pianificazione, attuazione, registrazione delle attività previste ed effettuate, monitoraggio del mantenimento nel tempo delle condizioni di idoneità delle misure adottate e riesame dell'intero sistema.

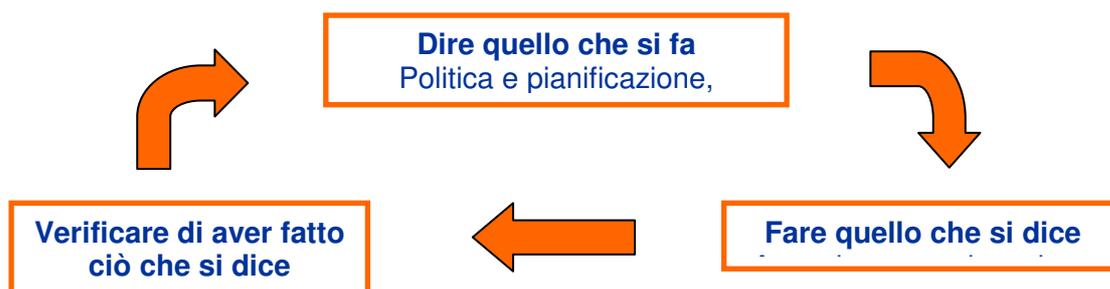



Figura 4 - Principi fondamentali di un Sistema di Gestione

La capacità del sistema di raggiungere gli obiettivi pianificati deriva dall'impegno e dal coinvolgimento di tutte le funzioni aziendali e soprattutto del livello più elevato. I contenuti delle fasi possono essere più o meno complessi in ogni singola azienda o unità produttiva in funzione della dimensione e complessità dell'organizzazione, natura dei pericoli e rischi presenti, soggetti potenzialmente esposti.

Le misure organizzative nel campo della prevenzione e della protezione contro le esplosioni dovrebbero prevedere:

- la valutazione dei rischi di esplosione,
- la formazione e l'addestramento dei lavoratori in materia di protezione dalle esplosioni,
- l'indagine su infortuni, incidenti e situazioni pericolose,
- l'elaborazione di istruzioni scritte per condurre le attività lavorative in sicurezza,
- la realizzazione degli interventi di manutenzione,
- l'applicazione di un sistema di autorizzazioni al lavoro per le attività pericolose,
- l'esecuzione di controlli e sorveglianze,
- la segnalazione delle zone potenzialmente esplosive, laddove necessario,
- la gestione delle emergenze.

La valutazione dei rischi di esplosione

La valutazione dei rischi di esplosione, sui cui contenuti ci si è ampiamente soffermati nei capitoli precedenti, riveste particolare importanza anche per quanto riguarda gli aspetti gestionali, dal momento che, se correttamente predisposta, consente di individuare gli "*elementi critici*" per la sicurezza, di tipo impiantistico e gestionale, che devono essere tenuti sotto controllo.

Da questo punto di vista, la valutazione dei rischi riveste un ruolo centrale rispetto al Sistema di gestione adottato, perché ha ricadute su tutti gli altri aspetti che lo costituiscono. Ad esempio, le risultanze della valutazione devono essere portate a conoscenza dei lavoratori attraverso le attività di informazione e formazione previste dal Sistema e le apparecchiature individuate come critiche dalla valutazione devono essere sottoposte ad idonea manutenzione periodica, così come l'introduzione di una qualsiasi apparecchiatura nel processo produttivo deve essere valutata per gli aspetti di sicurezza nell'ambito della valutazione dei rischi.

L'organizzazione aziendale

Come indicato al comma 3 del D.Lgs.81/2008 e s.m.i., il sistema di gestione deve prevedere un'articolazione di funzioni commisurata alla natura e dimensioni dell'organizzazione e al tipo di attività svolte che assicuri le competenze tecniche e i poteri necessari per la verifica, valutazione, gestione e controllo del rischio. Al proposito il decreto individua alcune figure specifiche, ad esempio il Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione dai rischi (art. 17), il medico competente per la sorveglianza sanitaria (art. 18) e gli incaricati dell'attuazione delle misure di prevenzione incendi e lotta antincendio, di evacuazione dei luoghi di lavoro, di primo soccorso e, in generale, di gestione dell'emergenza (art. 18).

La formazione dei lavoratori

Il datore di lavoro deve provvedere alla formazione del personale dipendente in merito ai rischi connessi con le attività svolte nello stabilimento, nello specifico i rischi di atmosfera esplosiva, e alle conseguenti misure adottate per garantire la salute e la sicurezza nei luoghi di lavoro, nonché quelle da mettere in atto al verificarsi di situazioni di emergenza, come richiesto dagli artt. 36 e 37 del D.Lgs.81/2008 e s.m.i.. A titolo esemplificativo si riportano alcuni temi che dovrebbero essere oggetto di formazione:

- valutazione dei rischi,
- misure organizzative adottate per la conduzione degli impianti (procedure e istruzioni operative) e per le attività manutentive,
- utilizzo dei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) necessari per operare in aree con pericolo di esplosione (es. calzature dissipative contro le scariche elettrostatiche),
- misure di emergenza, con periodiche simulazioni.

L'indagine su infortuni, incidenti e altre situazioni pericolose

Un aspetto fondamentale del Sistema di gestione è l'analisi degli infortuni, incidenti e situazioni pericolose, compresi i guasti e i malfunzionamenti delle apparecchiature, che possono verificarsi in azienda. Il Sistema di gestione deve prevedere idonee procedure per le fasi di segnalazione, registrazione degli episodi incidentali/anomali e di successiva analisi, finalizzata ad identificare le cause che hanno determinato il verificarsi di ciascun evento e ad individuare le conseguenti azioni correttive, verificandone nel tempo l'efficacia (vedi figura 5).

Figura 5 – Schema di flusso analisi eventi incidentali

Le istruzioni operative

Il datore di lavoro deve redigere specifiche istruzioni operative sulla conduzione del processo (es. controllo dell'accesso degli automezzi, operazioni di scarico/carico), con indicazione dei sistemi di controllo presenti, sia nelle condizioni di normale funzionamento/operabilità, sia nelle fasi di avvio e fermata e nelle condizioni di emergenza. Come già evidenziato, nell'ambito della gestione e conduzione degli impianti di processo riveste particolare importanza la fase di pulizia degli stessi e delle aree di lavoro, al fine di eliminare o ridurre al minimo la presenza degli strati di polvere ed evitare il rischio che si formino nubi di polvere esplosive (livello di mantenimento della pulizia "buono").

Gli interventi di manutenzione e i permessi di lavoro

Gli elementi critici correlati a possibili fenomeni di esplosione (apparecchiature di processo e sistemi di controllo e sicurezza presenti) devono essere sottoposti a controlli periodici documentati tenendo conto, in primo luogo, di quanto indicato dal costruttore nel manuale d'uso e manutenzione o, nel caso questo non fosse presente, sulla base di criteri definiti dal datore di lavoro e tradotti in un programma di manutenzione. Gli interventi manutentivi vanno registrati, sia i controlli periodici a carattere preventivo, sia quelli di riparazione/sostituzione a seguito di malfunzionamenti.

Gli interventi di manutenzione, in particolare quelli effettuati nelle aree a rischio di esplosione, devono essere autorizzati mediante permessi di lavoro che prevedano, tra l'altro, l'indicazione delle precauzioni o divieti da adottare per lo svolgimento dei lavori in sicurezza e dei Dispositivi di Protezione Individuali (DPI) da utilizzare.

In caso di affidamento di lavori a imprese appaltatrici o a lavoratori autonomi all'interno della propria azienda, il datore di lavoro deve verificare l'idoneità tecnica degli operatori ed elaborare il documento unico di valutazione dei rischi da interferenze (DUVRI), nel quale indicare le misure che intende adottare per eliminare o, quando ciò non sia possibile, ridurre al minimo tali rischi (art. 26 del D.Lgs.81/2008 e s.m.i.).

La segnalazione delle zone potenzialmente esplosive

Le aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive devono essere segnalate mediante affissione nei punti di accesso di idonea segnaletica di avvertimento, conforme all'allegato LI del D.Lgs.81/2008 e s.m.i.

La gestione delle emergenze

Per la gestione delle situazioni di emergenza è necessario ottemperare ai disposti del D.Lgs.81/2008 e s.m.i. (artt. 43-46) e del D M 10 marzo 1998, tra cui si citano:

- predisporre un "Piano di emergenza interno" che descriva i comportamenti che i lavoratori devono adottare in caso di emergenza e/o di evacuazione,
- provvedere alla formazione e all'addestramento specifico dei lavoratori designati alla gestione delle emergenze,
- effettuare periodicamente prove di emergenza ed evacuazione per tutto il personale dipendente e di ditte esterne presente in stabilimento,
- fornire adeguati DPI al personale operante nelle aree con pericolo di esplosione (ad esempio calzature dissipative contro le scariche elettrostatiche),
- garantire la presenza di mezzi di estinzione idonei alla classe di incendio e al livello di rischio presenti sul luogo di lavoro.

3 IL RISCHIO DI ESPLOSIONE NELLE ATTIVITÀ MOLITORIE

Come già detto, il rischio di esplosione nelle attività molitorie è legato alla contemporanea presenza della concentrazione in atmosfera, entro i limiti di infiammabilità, della miscela aria con polveri di farina o scarti di lavorazione e di una sorgente di innesco che porta la miscela all'accensione.

Nel seguito sono presentate quelle apparecchiature e aree critiche nelle quali è possibile la presenza di atmosfere esplosive e sono riportate alcune zone con pericolo di esplosione; sono inoltre riportate alcune sorgenti di innesco tipiche delle attività molitorie.

3.1 Le apparecchiature/aree critiche

Da un'analisi preliminare di un generico ciclo produttivo molitorio sono state individuate le principali apparecchiature che devono essere esaminate nel documento di valutazione dei rischi perché potenzialmente esposte ad atmosfere esplosive aria/polveri e/o perché costituiscono possibili sorgenti di innesco. Tali apparecchiature sono elencate in tabella 13.

Tabella 13 – Principali attività e apparecchiature di un'industria molitoria con rischio di esplosione

Area/attività	**"Apparecchiatura critica"**
Ricezione grano	Stazione di scarico Filtri depolveratori/sistema di aspirazione
Prepulitura	Separatori (es. tarara)
Stoccaggio grano	Silos di stoccaggio
Trasporto del grano	Elevatori a tazze Coclee Trasportatori redler (a catena) Trasporto pneumatico
Pulitura del grano	Stazione di pesatura Filtri depolveratori Separatori
Macinazione scarti	Celle scarti da macinare Mulino a martelli (macinello) Celle scarti macinati
Macinazione grano	Laminatoi (mulini a cilindri) Setacciature piano (Plansichter)/ buratto Filtri linee pneumatiche e semolatrici
Essiccazione farina	Essiccatoi
Stoccaggio farina (e sottoprodotti)	Silos di stoccaggio Confezionamento
Stazione di carico farina (e sottoprodotti)	Stazione di carico/scarico

Inoltre negli impianti molitori possono essere presenti aree da ritenersi critiche ai fini del rischio di esplosione per la presenza di miscele aria/vapori o gas infiammabili. Ci si riferisce ad esempio:

- ❖ al deposito di bombole di gas infiammabili (es. acetilene, idrogeno),

- all'area che ospita le batterie di emergenza o i punti attrezzati per la ricarica dei carrelli elevatori e trans pallet per la possibilità di sviluppo di idrogeno,
- ai serbatoi di gasolio a servizio dei gruppi elettrogeni o delle motopompe antincendio o per riscaldamento uffici,
- alla rete di distribuzione del gas metano, con relativa cabina di decompressione per l'alimentazione della centrale termica.

È importante, pertanto, che la valutazione dei rischi di esplosione esamini la problematica relativamente alle polveri, ma anche ai gas/vapori infiammabili che sono potenzialmente presenti nello stabilimento.

3.2 Le sorgenti di emissione

Ogni parte dell'impianto deve essere considerata come una potenziale sorgente di emissione, valutandone il grado. Si riportano nel seguito alcuni esempi di sorgenti di emissione delle polveri con grado continuo, primo e secondo che possono ritrovarsi nelle industrie molitorie.

Emissione di grado continuo (continua o per lunghi periodi):

- strati di polvere combustibile in recipienti aperti;
- strati di polvere all'interno di sistemi di contenimento (mulini, frantumatrici, essiccatoi, cicloni, filtri tramogge, mescolatori, condutture per il trasporto, coclee, nastri trasportatori, insaccatrici, sili, ecc.);
- strati di polvere all'esterno dei sistemi di contenimento che possono essere disturbati frequentemente e formare nubi esplosive, con il livello di mantenimento della pulizia "scarso"

Emissione di primo grado (periodica od occasionale durante il normale funzionamento):

- macchinari aperti, atti a produrre polveri combustibili (mulini, polverizzatori, classificatori, crivelli, ecc.);
- unità di riempimento o di svuotamento a cielo aperto prive di mezzi di prevenzione dalla formazione di nubi di polvere (nastri trasportatori aperti, punti di prelievo campione aperti, punti di carico/scarico treni e autocarri, tramogge, punti di svuotamento e riempimento sacchi, ecc.);
- sacchi chiusi, di materiale che lascia trapelare la polvere
- strati di polvere all'esterno dei sistemi di contenimento che possono essere disturbati anche poco frequentemente e formare nubi esplosive, con un livello di mantenimento della pulizia "scarso".

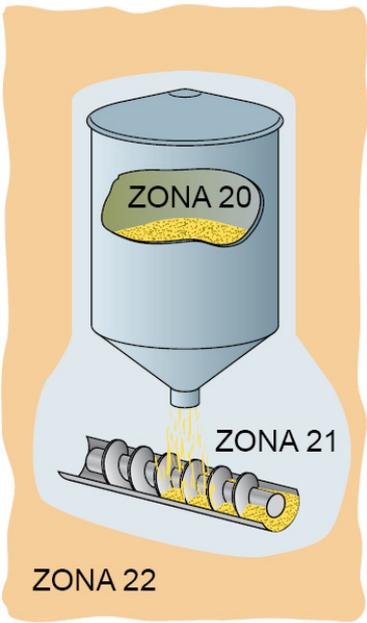
Emissioni di secondo grado (avviene poco frequentemente e per brevi periodi):

- unità di riempimento o di svuotamento a cielo aperto dotate di mezzi di prevenzione dalla formazione di nubi di polvere (nastri trasportatori chiusi, punti di prelievo campione chiusi, punti di carico/scarico treni e autocarri con sistemi di aspirazione polveri, tramogge con sistemi di aspirazione polveri, ecc.);
- sacchi non ermeticamente chiusi o soggetti a rompersi facilmente;
- macchinario per l'imballaggio;
- base e parte superiore delle macchine con elevatori
- macchinari chiusi, atti a produrre polveri combustibili (mulini, polverizzatori, classificatori, crivelli, ecc.) e recipienti chiusi
- bocche di carico o scarico e tramogge chiuse

- punti di discontinuità (giunzioni a flangia, manichette di connessione, tenute di alberi rotanti e traslanti, ecc.)
- uscita da cicloni o filtri non a tenuta stagna
- rotocelle con funzione di compartimentazione fisica
- strati di polvere all'esterno dei sistemi di contenimento che possono essere disturbati anche poco frequentemente e formare nubi esplosive, con il livello di mantenimento della pulizia "adeguato"

3.3 La classificazione delle aree pericolose

Si riportano di seguito alcuni esempi di aree con pericolo di esplosione, secondo la classificazione prevista per atmosfere aria/polveri, che si possono ritrovare nei luoghi e nelle apparecchiature specifiche per le attività molitorie.

Classificazione	**Esempio**
Zona 20	Silo di stoccaggio della farina e relativa coclea
– Fossa di scarico grano – Interno dei sistemi di contenimento delle polveri combustibili: o tubazioni per il trasporto pneumatico o coclea o elevatore a tazze o mulino di macinazione o filtro depolveratore lato aria sporca o Silos	
Zona 21	
– Stazione di scarico del grano (intorno griglia fossa e autotreno) non aspirata – Macchina taglia sacchi e riempi/svuota big-bags non aspirata – Stazione carico rinfusa farina e sottoprodotti in tunnel chiuso ai lati	
Zona 22	
– Stazione di scarico del grano (intorno griglia fossa e autotreno) aspirata – Macchina taglia sacchi e riempi/svuota big-bags aspirata – Stazione carico rinfusa farina e sottoprodotti in ambiente aperto – Esterno manichette di connessione in materiale tessile – Estremità elevatori a tazze, trasportatori. – Scarico in ambiente di filtro dove la polvere può essere emessa solo per malfunzionamento o rottura del filtro	

Nelle figure 6a, 6b, 7, 8, 9 e 10 sono riportati alcuni esempi di rappresentazione delle zone pericolose originate dalle attività/apparecchiature sopra indicate, anche con evidenza delle modifiche apportate a tali zone da parte del sistema di aspirazione.

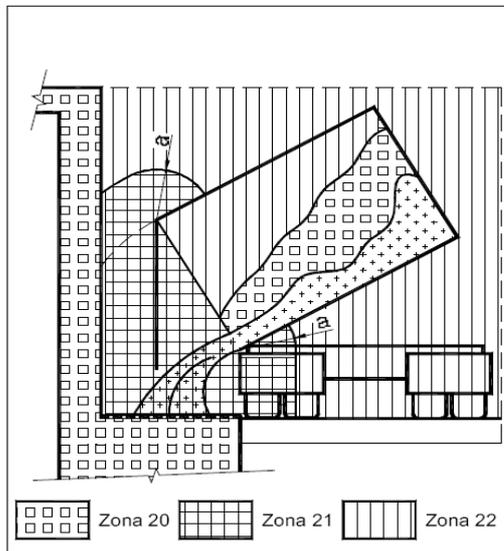



Figura 6a: Stazione di scarico automezzi priva di sistema di aspirazione polveri, sita in ambiente chiuso

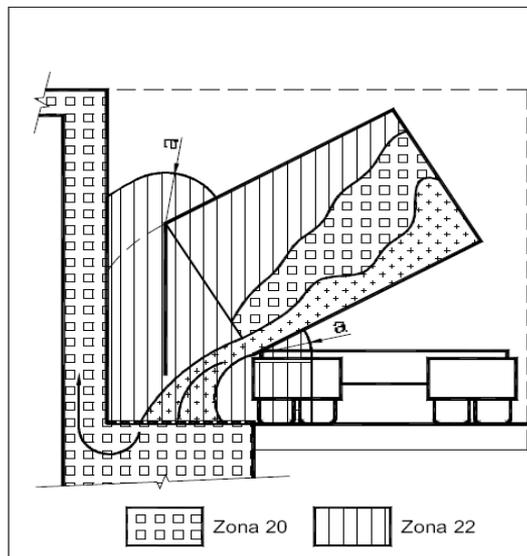



Figura 6b: Stazione di scarico automezzi con sistema di aspirazione polveri, sita in ambiente chiuso

In figura 6a è riportato un esempio di zone pericolose originate dallo svuotamento di un autocarro in una fossa di ricezione priva di sistema di aspirazione polveri. All'interno della griglia di raccolta del grano si ha una zona 20, per la presenza frequente o continua della miscela aria/polveri, mentre nel suo intorno si determina una zona 21. L'ambiente chiuso in cui è collocata la fossa di ricezione, in assenza di sistema di ventilazione, è classificato in zona 22, per la possibile presenza di polvere. In figura 6b si vede come in presenza di un efficace sistema di aspirazione polveri che consente di evitare la formazione di strati di polvere nell'ambiente l'area non è più classificata.

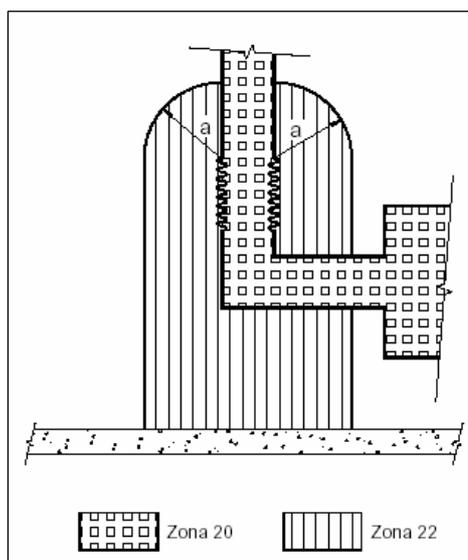



Figura 7 – Manichetta di connessione in materiale tessile

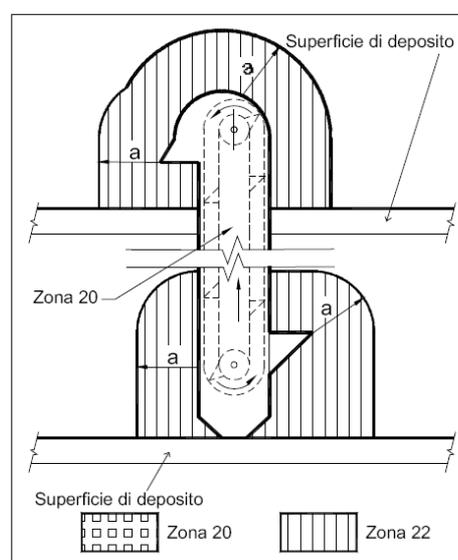



Figura 8 – Elevatore a tazze

In figura 7 è riportato l'esempio di classificazione di una manichetta di connessione in materiale tessile, in cui all'interno della tubazione di trasporto e della manichetta si determina una zona 20 per la presenza continua o frequente di una miscela aria/polvere, mentre nel suo intorno, per una certa estensione dal bordo, viene definita una zona 22.

Nel caso di un elevatore a tazze, come illustrato in figura 8, il suo interno è da considerasi zona 20 in assenza di sistemi di eliminazione dell'atmosfera potenzialmente esplosiva interna; l'esterno dell'elevatore può essere considerato zona 21 o 22 a seconda della ventilazione adottata.

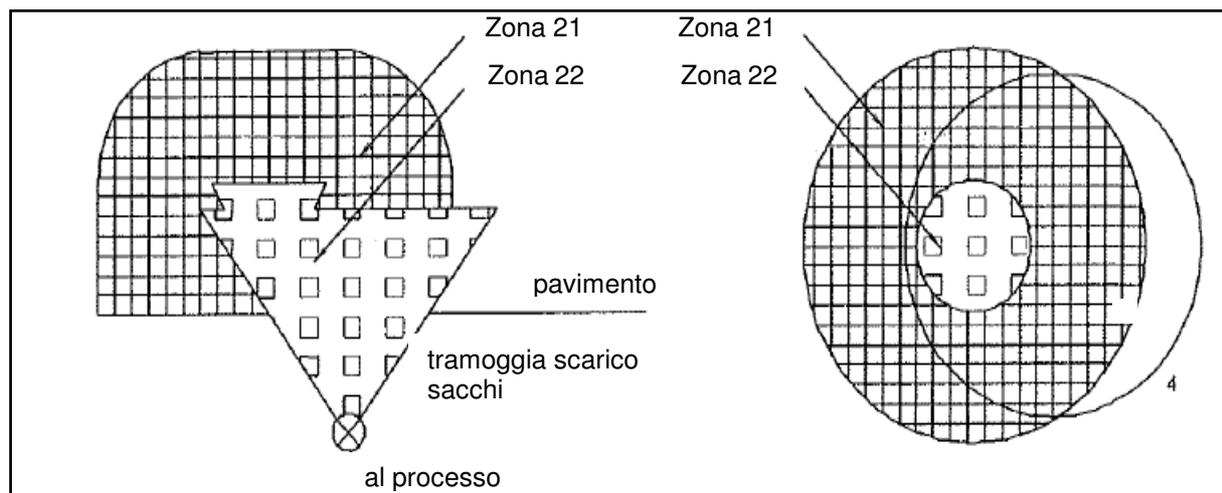



Figura 9 – Stazione svuotamento sacchi all'interno di un edificio privo di ventilazione di scarico

Nell'esempio illustrato in figura 9 i sacchi vengono svuotati manualmente di frequente in una tramoggia, dalla quale il contenuto è trasportato con sistemi pneumatici in un'altra parte dell'impianto. Parte della tramoggia è sempre piena di prodotto. All'interno della tramoggia si ha una zona 20, data la presenza frequente o continua di una miscela di polveri esplosive/aria. La bocca di carico aperta è una sorgente d'emissione di primo grado. Conseguentemente attorno alla bocca viene definita una zona 21 con una certa estensione dal suo bordo e fino al pavimento.

Se si accumulano strati di polvere, può essere prescritta una classificazione ulteriore che tenga conto dell'estensione dello strato e di qualsiasi disturbo allo stesso strato in grado di generare una nube, nonché del livello di mantenimento della pulizia. Se i movimenti dell'aria durante lo scarico dei sacchi possono occasionalmente portare la nube di polvere oltre la zona 21, può essere richiesto di individuare anche una zona 22.

L'esempio rappresentato in figura 10 è simile al precedente con la differenza che in questo caso è presente un sistema di ventilazione di estrazione dell'aria. In questo modo la polvere può essere mantenuta all'interno del sistema quanto più possibile. All'interno della tramoggia si ha sempre una zona 20, data la presenza frequentemente, o persino continuamente, di una miscela aria/polveri. La bocca di carico aperta è un'emissione di secondo grado, ma non vi è fuga di polveri in funzionamento ordinario, grazie al sistema di estrazione delle polveri. Conseguentemente attorno alla bocca viene definita solo una zona 22, con un'estensione determinata sulla base delle caratteristiche della polvere e del processo.

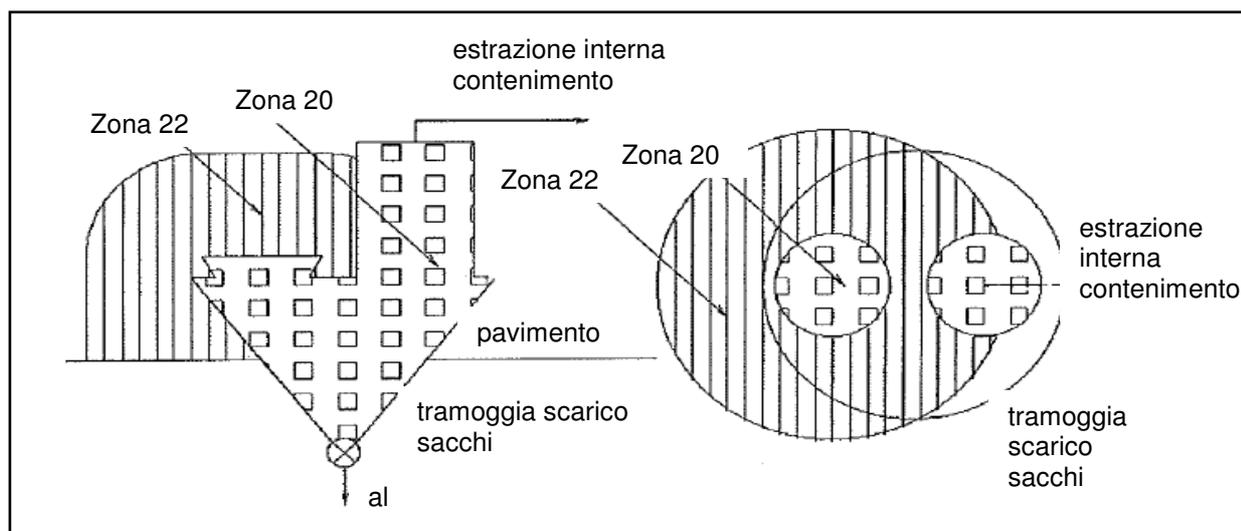



Figura 10 – Stazione svuotamento sacchi con ventilazione di scarico

3.4 Le sorgenti di innesco

Per le diverse aree di impianto e le relative attività del processo è necessario individuare le possibili sorgenti di innesco. Nel seguito sono elencate quelle più comuni.

Superfici calde. Come già detto, costituisce una sorgente di innesco qualsiasi superficie che possa surriscaldarsi oltre certi limiti in funzione dei valori di MIT e di LIT. Possono presentare tale tipo di sorgente alcune apparecchiature di processo (tipicamente gli essiccatoi che operano ad alta temperatura, ma anche i mulini a martelli che si riscaldano per attrito) o loro componenti, quali ad esempio i cuscinetti degli elevatori a tazze.

Fiamme e gas caldi. Rientrano in tale tipologia situazioni tipiche del processo produttivo, ad esempio i gas di combustione dell'impianto di essiccazione, ma anche estranee al processo sebbene ad esso correlate, quali le attività manutentive che richiedono interventi di saldatura mediante fiamme libere.

Scintille di origine meccanica. Scintille di origine meccanica per attrito o abrasione possono essere generate da parti meccaniche in movimento reciproco tra loro, quali ad esempio le cinghie di trasmissione degli elevatori a tazze o i martelli dei mulini; tali scintille possono provocare l'innesco della miscela polvere/aria se hanno un'energia equivalente superiore al valore di MIE (minima energia di ignizione). Altra tipologia sono le scintille generate dall'urto di parti metalliche all'interno delle apparecchiature di processo, quali ad esempio corpi estranei presenti nel grano che devono essere rimossi prima dell'ingresso in apparecchiature (quali filtri e condotte per il trasporto pneumatico) o cadute accidentali di componenti.

Apparecchiature elettriche. Possono costituire una sorgente di innesco se sviluppano un'alta temperatura (es. motori) o hanno caratteristiche di tenuta all'ingresso di polvere non idonee (es. quadri elettrici, lampade con indice di protezione IP non idoneo).

Elettricità statica. Le fasi di processo dell'industria molitoria in cui può verificarsi questo fenomeno possono essere, ad esempio, il trasferimento pneumatico mediante linee in tubo o mediante coclea, la macinazione, la setacciatura e la mescolatura. Come già detto, la capacità di innesco di scariche elettrostatiche si può valutare paragonando l'energia immagazzinata con l'energia minima di innesco (MIE) caratteristica delle polveri presenti nell'industria molitoria.

3.5 Misure di prevenzione delle sorgenti di innesco in un’apparecchiatura critica: l’elevatore a tazze

Gli elevatori a tazze possono essere utilizzati per trasportare qualsiasi tipo di prodotto sfuso, consentendo di raggiungere altezze considerevoli ed elevate portate orarie, senza deteriorare il prodotto trasportato.

L’attrezzatura è costituita essenzialmente da un nastro continuo montato direttamente su un albero motore e una puleggia di rinvio, su una struttura incorporante rulli di trasmissione e rulli folli. Esistono diversi tipi di elevatori in base alla direzione di trasporto, al tipo di caricamento manuale o a coclea, per i quali, sostanzialmente, non varia l’analisi dei requisiti di sicurezza riconducibile al trasporto di polveri (elevatori a tazze, nastri trasportatori, coclee, mescolatori, ecc.); tuttavia la scelta dei componenti di sicurezza incide fortemente sul modo di prevenire e proteggere dal rischio di esplosione.

Non essendo possibile limitare la natura dell’atmosfera esplosiva presente nell’attrezzatura, occorre limitare la possibilità che l’apparecchiatura possa generare un innesco efficace. Una volta classificate le aree pericolose per atmosfere infiammabili, è importante analizzare i possibili meccanismi di esplosione che possono generarsi e che possono essere così riepilogati:

- innesco di atmosfera esterna (parti dell’elevatore come sorgenti di innesco),
- generazione di atmosfera esterna da parte dell’elevatore innescabile da elementi non facenti parte dell’attrezzatura (comprese le connessione elettriche/elettroniche non afferenti l’elevatore),
- atmosfera interna innescabile dall’interno e propagazione autoalimentata della zona di reazione nell’atmosfera esplosiva.

Anche per il caso in esame è ragionevole prendere in considerazione le fonti di innesco relative alle superfici calde, alle fiamme e gas caldi, alle scintille di origine meccanica, al materiale elettrico e all’elettricità statica. Nella tabella 14 è riportato un elenco non esaustivo delle possibili cause di innesco nel normale funzionamento di un elevatore a tazze o in caso di anomalie, con le corrispondenti misure preventive a carattere sia tecnico che gestionale.

Tabella 14 – Elenco delle possibili cause di innesco in un elevatore a tazze e misure di sicurezza

Sorgente di innesco – cause	Misure di sicurezza
Superfici calde ▪ superfici calde facilmente riconoscibili (motori) ▪ componenti in grado di produrre temperature pericolose (es. innesti a frizione, freni a funzionamento meccanico), le parti mobili con cuscinetti, passaggi d'albero, premistoppa, che possono diventare sorgenti di innesco se non adeguatamente lubrificati ▪ ingresso di corpi estranei negli alloggiamenti a tenuta delle parti mobili, poiché l'attrito prodotto potrebbe provocare temperature di superficie elevate ▪ aumenti di temperatura per reazione chimica qualora fossero utilizzati lubrificanti e solventi di pulizia	▪ Sistemi tecnici di prevenzione e controllo delle sorgenti di innesco efficaci (ad esempio la limitazione della temperatura del materiale al di sotto della T_{cl} e della $T_{5\ mm}$, della velocità delle pulegge, della velocità di trasporto) ▪ Istruzioni operative
Scintille di origine meccanica ▪ Ingresso di materiali estranei negli apparecchi, sistemi di protezione e componenti (es. pietre o pezzi di metallo, quale causa di scintillamento) ▪ Attrito per sfregamento che può generare punti caldi e scintille simili a quelle di molatura	▪ Sistemi tecnici di prevenzione e controllo delle sorgenti di innesco efficaci (ad esempio la selezione dei materiali) ▪ Istruzioni operative
Materiale elettrico Scintille elettriche e superfici calde che agiscono quali sorgenti di innesco: – quando si aprono e si chiudono circuiti elettrici – per connessioni allentate – a seguito di correnti vaganti – sovracorrenti	▪ Sistemi tecnici di prevenzione e controllo delle sorgenti di innesco efficaci (ad esempio modo di protezione apparecchiature elettriche adatto alla zona classificata) ▪ Istruzioni operative
Elettricità statica ▪ possibili scintille su parti cariche di materiali non conduttori e tra materiali conduttivi elettricamente isolati ▪ Scariche a cono da materiale sfuso e scariche da nube	▪ Sistemi tecnici di prevenzione e controllo delle sorgenti di innesco efficaci (ad esempio il collegamento a terra delle parti metalliche, la selezione dei materiali) ▪ Istruzioni operative

Nella figura 11 sono rappresentati alcuni dispositivi di sicurezza per la prevenzione delle sorgenti di innesco in un elevatore a tazze.

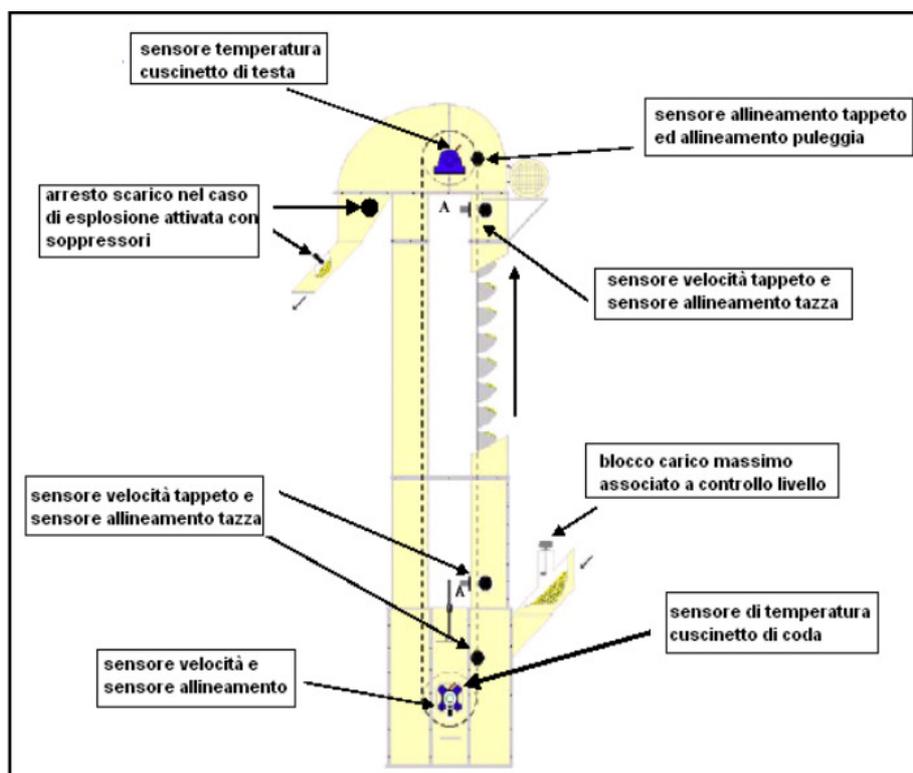



Figura 11 – Esempi di dispositivi per prevenire le sorgenti di innesco in un elevatore a tazze

Le liste di controllo

Alla luce di quanto finora illustrato sono state predisposte alcune liste di controllo sugli aspetti documentali, procedurali e tecnici inerenti la prevenzione delle esplosioni, in particolare nelle attività molitorie. Tali liste di controllo rappresentano un utile strumento per essere utilizzato sia dai datori di lavoro per condurre audit interni, sia dal personale degli organi di vigilanza per le pertinenti attività di controllo.

La prima lista di controllo prevede la verifica sui contenuti del documento di valutazione dei rischi di esplosione, con il quale il datore di lavoro deve evidenziare, in primo luogo, di avere classificato le aree con pericolo di esplosione ed esaminato le possibili sorgenti di innesco. Con il documento deve poi essere dimostrato che sono state individuate le necessarie misure di prevenzione (delle atmosfere esplosive e delle sorgenti di innesco efficaci) e che è stata verificata l'adeguatezza di ciascuna apparecchiatura rispetto alla classificazione dell'area in cui essa è installata.

Qualora tale verifica evidenzi delle situazioni critiche dal punto di vista della sicurezza, o comunque migliorabili, il datore di lavoro deve redigere un crono-programma degli interventi di adeguamento sulla base di criteri di priorità definiti nel documento di valutazione del rischio di esplosione.

La seconda lista di controllo è relativa alla verifica di adeguatezza degli impianti e delle attrezzature presenti nelle aree con pericolo di esplosione è condotta mediante la disamina di specifica documentazione tecnica, come riportato nell'apposita lista di controllo. Le attività comprendono una fase preliminare di "ricognizione" degli impianti/attrezzature, al fine di riscontrare la data di costruzione (e delle eventuali modifiche) e il conseguente campo di applicazione delle normative in materia di sicurezza, in particolare le direttive ATEX e la "Direttiva macchine", con le relative certificazioni e gli eventuali manuali d'uso e manutenzione.

In questa prima fase di applicazione della metodologia descritta nel manuale tecnico, ci si è soffermati sulla verifica di adeguatezza degli impianti elettrici e di protezione contro i fulmini, attraverso l'analisi di specifica documentazione. Infatti una corretta progettazione, installazione e manutenzione degli impianti elettrici e dell'impianto di protezione contro i fulmini contribuisce a portare a livelli di accettabilità il rischio di inneschi per cause elettriche e di fulminazione.

La guida CEI 0-2 definisce la documentazione tecnica di progetto per gli impianti elettrici nuovi e per la modifica di quelli esistenti, al fine di consentirne la valutazione, la realizzazione, la verifica periodica, l'esercizio e la manutenzione a regola d'arte. Nel seguito si riporta la documentazione relativa ad alcuni elementi rilevanti per la progettazione di impianti elettrici in luoghi con rischio di esplosione:

- descrizione del processo e classificazione degli ambienti,
- misure di protezione contro i contatti diretti e indiretti, il sovraccarico e il corto circuito, le sovratensioni,
- caratteristiche di sicurezza degli impianti per gli ambienti a maggior rischio in caso d'incendio e per i luoghi con rischio di esplosione,
- prescrizioni per gruppo e valori nominali di temperatura dei componenti,
- documenti descrittivi di eventuali sistemi a sicurezza intrinseca, contenenti le verifiche di compatibilità previste per i relativi componenti,
- provvedimenti contro l'accumulo delle cariche elettrostatiche,
- documenti sulla tipologia e sulle modalità di effettuazione della manutenzione e gestione degli impianti, comprendenti i prescritti controlli periodici,
- documento di analisi del rischio di fulminazione ed eventuale progettazione di LPS esterno e/o interno.

Il progetto dei suddetti impianti elettrici deve essere redatto da professionisti iscritti ad un albo professionale ai sensi del DM 37/08 e/o della legge 46/90. entrambe le normative prevedono che, per attestare la regola dell'arte dell'impianto elettrico, debba essere rilasciata da parte dell'impresa installatrice la dichiarazione di conformità. Questa deve essere compilata in tutte le sue parti, in particolare riportando il riferimento al progetto seguito per l'installazione e, a supporto dell'asserzione "*controllato l'impianto ai fini della sicurezza e della funzionalità con esito positivo, avendo eseguito le verifiche richieste dalle norme e dalle disposizioni di legge*", deve essere allegato il rapporto sui risultati della "*verifica iniziale*" o "*verifica di conformità*" con riferimento, per gli impianti installati nei luoghi con pericolo di esplosione, alla norma CEI EN 60079-17. Per gli impianti realizzati prima dell'entrate in vigore del DM 37/08 può essere prodotta da parte di un professionista iscritto ad un albo professionale la dichiarazione di rispondenza (art.7).

La terza lista di controllo riguarda i criteri gestionali da adottare per la prevenzione delle atmosfere esplosive e delle sorgenti di innesco e che dovrebbero essere previsti, attuati e registrati nell'ambito di un modello organizzativo che si occupa di salute e sicurezza negli ambienti di lavoro.

In ultimo sono riportate, a titolo esemplificativo, le liste di controllo relative a tre apparecchiature/aree critiche presenti negli impianti molitori, ossia l'area di scarico grano, l'elevatore a tazze e il mulino a martelli, con l'indicazione delle possibili misure di sicurezza da adottare per prevenire le sorgenti di innesco. Si precisa che le altre apparecchiature/aree che risultassero critiche dalla valutazione dei rischi di esplosione, potranno essere analizzate dai datori di lavoro e/o dagli organi di vigilanza mediante liste di controllo analoghe.

BIBLIOGRAFIA

Normativa

- D.lgs.81/2008 e s.m.i. “Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro”
- Direttiva 94/9/CE, concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative agli apparecchi e sistemi di protezione destinati a essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva
- DPR 126/1998 “Regolamento recante norme per l’attuazione della direttiva 94/9/CE in materia di apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva”
- Direttiva 99/92/CE, relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori che possono essere esposti al rischio di atmosfere esplosive (quindicesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE)
- “Direttiva macchine” (da Direttiva 89/392/CEE a 2006/42/CE) e recepimenti (D.P.R. n. 459/96 e D.lgs.17/2010)

Norme tecniche

- Norma UNI EN 1127-1 “Prevenzione dell’esplosione e protezione contro le esplosioni. Concetti fondamentali e metodologia”
- Norma UNI EN 13463 “Apparecchi non elettrici destinati ad essere utilizzati in atmosfere potenzialmente esplosive”
- Norma CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88) Parte 10-2 “Classificazione dei luoghi – Atmosfere esplosive per la presenza di polveri combustibili” (sostituisce la CEI 31-66)
- Guida CEI 31-56 “Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di polveri combustibili in applicazione della Norma CEI EN 61241-10 (CEI 31-66)”
- Guida CEI 31-56 – Variante 1 “Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di polveri combustibili in applicazione della Norma CEI EN 60079-10-2 (CEI 31-88)”
- Norma CEI 31-30 “Classificazione dei luoghi pericolosi per presenza di gas-vapori”
- Guida CEI 31-35 “Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per presenza di gas – Guida all’applicazione della norma CEI 31-30”
- Norma CEI EN 60079-14 (CEI 31-33) “Progettazione, scelta e installazione degli impianti elettrici”
- Norma CEI EN 60079-17 (CEI 31-34) “Verifica e manutenzione degli impianti elettrici”
- Guida CEI 31-93 “Impianti elettrici con pericolo di esplosione per la presenza di polveri combustibili, già utilizzati prima del 30 giugno 2003. Verifica del rispetto delle prescrizioni minime stabilite da D.Lgs. 9 aprile 2008, n, 81, titolo XI con integrato e modificato dal D.Lgs. 106/09, per i diversi tipi di zona”
- Norma CEI 81-10 (CEI EN 62305) "Protezione delle strutture contro i fulmini” (parti 1, 2, 3, 4)

- Norma CEI 81-3 "Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per kilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico"
- Guida CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”

Altri testi di riferimento

- “Dust Explosions and Fires”, K. N. Palmer, Head of Industrial and Toxic Hazards Section Fire Research Station, Volume 1 and 2, London Chapman and Hall, 1973
- “Loss Prevention in the Process Industries: hazard identification, assessment, and control”, Frank P. Less, second edition, Volume 2, Butterworth Heinemann, Oxford, 2001
- “Le esplosioni di gas, vapori e polveri” – P. Cardillo, 2002
- “Manuale per la valutazione dei rischi di esplosione nell’industria molitoria”, ITALMOPA – Associazione Industriali Mugnai e Pastai d’Italia, edizioni Avenue media, maggio 2005
- “Le esplosioni da polvere: casi studio in Regione Piemonte” – N. Piccinini, V. Filippetti, A. Robotto, G.N. Ruggiero, C. Zonato - Pisa, VGR (Valutazione e Gestione del Rischio negli Insediamenti Civili ed Industriali) ottobre 2006
- “L’analisi del rischio nella valutazione di impianto” – P.E. Pancaldi – Seminario ATEX Bologna, marzo 2012
- “Prevenzione dell’esplosione nei sistemi di trasporto polveri. Il controllo delle sorgenti di innesco”, I. Mazzarelli di INAIL Ricerca, Certificazione e Verifica – Dipartimento di Milano, SAFAP 2012
- “Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione”, edizioni TNE, febbraio 2013

ALLEGATI: LE LISTE DI CONTROLLO

1. DOCUMENTO DI VALUTAZIONE CONTRO LE ESPLOSIONI

AZIENDA: ____ DATA DI COMPILAZIONE: _____________________________

Analisi documentale	SI	NO	NOTE
Data di emissione del documento: ___________________ Ultimo aggiornamento: __________________			
Il documento individua le caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze presenti (polveri, gas/vapori) ☐ punto di infiammabilità ☐ temperatura di autoaccensione, strato, nube ☐ limiti di infiammabilità ☐ energia minima di innesco ☐ altro (*specificare*) _____________________			
Il documento individua le sorgenti di emissione e ne definisce il tipo. Risultano presenti sorgenti di emissione: ☐ continue ☐ di primo grado ☐ di secondo grado			
Il documento classifica le aree con pericolo di esplosione e ne determina l'estensione Risultano presenti aree classificate: Polveri: ☐ 20 ☐ 21 ☐ 22 Gas/vapori: ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2			

1. DOCUMENTO DI VALUTAZIONE CONTRO LE ESPLOSIONI AZIENDA: ____ DATA DI COMPILAZIONE: ____________________________			
Il documento comprende una o più rappresentazioni grafiche delle aree con pericolo di esplosione, con indicazione delle diverse tipologie di area e delle relative estensioni			
Il documento riporta, per ciascuna area con pericolo di esplosione individuata, l'elenco degli impianti/apparecchi elettrici e non elettrici presenti			
Il documento individua le sorgenti di innesco possibili all'interno delle aree con pericolo di esplosione			
Il documento individua le seguenti misure di sicurezza a carattere tecnico-gestionale per: evitare le sorgenti di innesco contenere l'esplosione (e prevenire la propagazione delle fiamme)			
Il documento riporta la verifica di adeguatezza di ciascun impianto/apparecchio rispetto alla classificazione dell'area in cui è installato			
Qualora la verifica di adeguatezza dia esiti negativi il documento riporta il crono-programma degli interventi			

2. DOCUMENTAZIONE TECNICA ATTESTANTE L'ADEGUATEZZA DEGLI IMPIANTI

AZIENDA: ____ DATA DI COMPILAZIONE: _____________________________

Impianti/apparecchi presenti all'interno delle aree con pericolo di esplosione	**SI**	**NO**	**Note**
Elenco apparecchiature (ATEX, direttiva macchine, antecedenti direttiva macchine)			
□ Certificazioni e/o dichiarazioni (ATEX, direttiva macchine)			
□ Manuali d'uso e manutenzione			
Impianto elettrico e impianto di protezione contro i fulmini			
Denuncia impianti all'Ente di controllo (modelli A, B, C) – prima del 2001			
□ Dichiarazione di conformità ex Legge 46/90 e/o DM 37/08			
□ Esiti delle verifiche periodiche ex DPR 462/01			
□ Relazione tecnica sull'idoneità della protezione delle condutture			
Relazione sul coordinamento delle protezioni ai fini del rischio di contatti indiretti			
Relazione sulla protezione contro i fulmini da cui risulti la probabilità di fulminazione delle strutture e l'idoneità dei provvedimenti adottati			

3. MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE DI TIPO ORGANIZZATIVO – PROCEDURALE

AZIENDA: ____ DATA DI COMPILAZIONE: ______________________________

Azioni intraprese	**SI**	**NO**	**Note**
Organizzazione aziendale (RSPP, MC, addetti antincendio)			
Formazione del personale dipendente sui rischi di esplosione presenti nello stabilimento			
Redazione di istruzioni operative sulla conduzione del processo (es. controllo dell'accesso degli automezzi, procedure di scarico) con indicazione dei sistemi di controllo presenti			
Predisposizione del programma di manutenzione e pulizia periodica di impianti e apparecchi e relativa registrazione (es. controllo cuscinetti, controllo tazze, tensionamento e integrità cinghie, controllo di stato e usura) secondo il manuale d'uso e manutenzione			
Registrazione dei malfunzionamenti degli apparecchi installati all'interno delle aree con pericolo di esplosione e dei relativi interventi di manutenzione a guasto			
Adozione di permessi di lavoro per l'autorizzazione degli interventi di manutenzione			
Coordinamento delle attività svolte da imprese terze e redazione del DUVRI			
Fornitura per il personale operante nelle aree con pericolo di esplosione di adeguati Dispositivi di Protezione Individuale (DPI)			
Affissione di idonea segnaletica per indicare la presenza di aree con pericolo di esplosione			
Adozione di misure per il controllo delle situazioni di rischio in caso di emergenza e istruzioni per l'evacuazione dei lavoratori			

4. MISURE DI PREVENZIONE TECNICHE – STAZIONE DI CARICO E SCARICO DEGLI AUTOMEZZI

AZIENDA: ______________________________ DATA DI COMPILAZIONE: ____________________

Sorgente di innesco	Misure adottate	SI	NO	Note
Elettricità statica	Tutte le parti conduttive sono messe a terra			
	Esistono e sono conservate in buono stato pinze di messa a terra degli automezzi			
	Le pinze di messa a terra sono provviste di un sistema di controllo preventivo per il loro corretto collegamento (es. doppio circuito capacitivo-resistivo con allarme acustico-luminoso)			
Impianti elettrici	Adeguatezza rispetto alle aree ATEX in cui sono installati			
Superfici calde	Istruzioni operative sull’accesso degli automezzi			

5. MISURE DI PREVENZIONE TECNICHE – ELEVATORE A TAZZE

AZIENDA: ____ DATA DI COMPILAZIONE: ___________________________

Sorgente di innesco	Misure adottate	SI	NO	Note
Elettricità statica	Tutte le parti conduttive sono messe a terra			
	I materiali utilizzati (es. cinghie di trasmissione, guarnizioni) sono antistatici ed adeguati rispetto alle aree ATEX in cui sono installati			
Scintille di origine meccanica + superfici calde	Sono presenti dispositivi antislittamento sulle cinghie di trasporto (es. controllo numero di giri: velocità della puleggia inferiore = velocità puleggia superiore) con blocco automatico di emergenza			
	Sono presenti dispositivi antisbandamento sulle cinghie di trasporto (es. sensori di temperatura) con blocco automatico di emergenza			
	Sono presenti sistemi di controllo di temperatura sui cuscinetti			
	Sono presenti altre misure atte ad evitare le sorgenti di innesco per superfici calde o scintille meccaniche			
Impianti elettrici	Adeguatezza rispetto alle aree ATEX in cui sono installati			

6. MISURE DI PREVENZIONE TECNICHE – MULINO A MARTELLI

AZIENDA: ____________________ DATA DI COMPILAZIONE: ____________________

Sorgenti di innesco	Misure adottate	SI	NO	Note
Elettricità statica	Tutte le parti conduttive sono messe a terra			
	I materiali utilizzati (es. *raccordi flessibili e mobili*) sono antistatici ed adeguati rispetto alle aree ATEX in cui sono installati			
Scintille di origine meccanica + superfici calde	È presente un sistema di captazione di corpi estranei (es. sistemi di classificazione scarti, magnete, griglie)			
	Sono presenti sensori di vibrazione con blocco automatico di emergenza			
	Sono presenti sensori antingolfamento sullo scarico con blocco automatico di emergenza			
	Sono presenti altre misure atte ad evitare le sorgenti di innesco per superfici calde o scintille meccaniche			
Impianti elettrici	Adeguatezza rispetto alle aree ATEX in cui sono installati			